

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu

Heikkinen Mikko

Kehittämishanke

Robottikoulutusohjelman kehittäminen

Työn ohjaaja: Seppo Janhonen

Tampere 4/2012

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ammatillinen opettajakorkeakoulu
Opettajakoulutuksen kehittämishanke

Heikkinen, Mikko
Robottikoulutusohjelman kehittäminen
40 sivua + 4 liitesivua
Maaliskuu 2012
Työn ohjaaja Seppo Janhonen

TIIVISTELMÄ

Tämä kehittämishanke käsittelee robotiikkaan liittyvää koulutusta ja sen tarkoituksena oli kehittää yritysälämän ja koulumaailman välille toimiva robottikoulutuspaketti, jonka avulla sekä yrityksen vanhoja että uusia työntekijöitä voitaisiin tulevaisuudessa kouluttaa saamaan enemmän irti yrityksen tuotantolaitteista lisääntyvän robottiosaamisen muodossa. Tämä tarkoittaa sitä, että koulutuksen saaneet työntekijät osaavat itsenäisemmin käyttää yrityksen tuotantolaitteiden kanssa yhdessä toimivia robotteja ja selviytymään näiden mahdollisesti kohtaamista ongelmatilanteista nopeammin.

Kehittämishankkeessa esitettävät ratkaisut koulutuspaketiksi perustuvat kohdeyrityksen työntekijöiden haastatteluihin ja niiden perusteella tehtyihin päätöksiin koulutuksen sisällöstä koulutuspaketin toteutuksessa mukana olevien tahojen toimesta.

Kehittämishankkeen tuloksia on tarkoitus hyödyntää ensiksi kohdeyrityksen koulutustarpeiden tyydyttämiseksi ja myöhemmin kehittää sitä saatujen kokemusten perustella myös muiden yritysten tarpeisiin sopivaksi.

Asiasanat: robottikoulutus, koulutusyhteistyö, opintosuunnitelma

Sisällysluettelo

1	Johdanto	6
2	Yleistä tietoa hankkeen osapuolista	7
2.1	Agco Sisu Power Oy.....	7
2.2	Tampereen ammattiopisto	7
2.3	Tampellan Teollisuusoppilaitos Oy	7
2.4	Yhteistyö	7
3	Taustaa robottikoulutushankkeelle	9
3.1	Tapahtunutta kehitystä.....	9
3.2	Ihminen kehityksen mukana.....	9
3.3	Tuotanto kehittyy edelleen.....	9
3.4	Robottikoulutuksen tilanne	10
3.5	Opetussuunnitelma.....	10
4	Pohjatyötä robottikoulutukselle	12
4.1	Tarpeiden kartoituksen menetelmä	12
4.2	Robotinkäytön haasteiden kartoittaminen.....	12
4.2.1	Eri valmistajien robotit.....	12
4.2.2	Eri vuosimallia olevia robotteja.....	12
4.2.3	Erilaisia ohjelmistorakenteita	13
4.2.4	Kappaleiden sarjatuotanto.....	13
4.2.5	Viikonloppu- ja vuorotyöt	14
4.3	Robottikoulutuksen haasteiden kartoittaminen.....	15
4.3.1	Yleistä	15
4.3.2	Rajanveto robottioperaattoreiden ja konepalvelun toimenpiteille	15
4.3.3	Koulutuksen sisällön määrittäminen	16
4.3.4	Vaatimustason asettaminen, mittaaminen ja todentaminen.....	17
4.3.5	Koulutuksen hyödyt	18
5	Koulutuksen rakentaminen.....	19
5.1	Yleistä	19
5.2	Työntekijöiden haastatteluissa havaittuja koulutustarpeita	19
5.2.1	Robotin toimintojen ymmärtäminen	19
5.2.2	Koordinaatistojen ymmärtäminen.....	20
5.2.3	Robotin käsiajo.....	21
5.2.4	Liikkuminen ohjelman sisällä	21

5.2.5	Paikoitusten tekeminen	21
5.2.6	Ohjelman teko, kopiointi tai kopioidun ohjelman muuttaminen	21
5.2.7	Lisätoimintojen ohjelmoiminen	22
5.2.8	Yhteenvedoa haastatteluissa ilmenneistä tarpeista.....	23
6	Nykytila koulutuksen aloittamisen kannalta.....	24
6.1	Teoria	24
6.2	Fanucin robotit.....	24
6.2.1	Tilat ja laitteistot	24
6.2.2	Kouluttajat ja koulutusmateriaali	24
6.3	ABB:n robotit.....	25
6.3.1	Tilat ja laitteistot	25
6.3.2	Kouluttajat ja koulutusmateriaali	25
7	Koulutusmoduulien suunnittelu	26
7.1	Lähtökohta	26
7.2	Hyväksyntä moduuli- ja koulutusvastuujolle	26
7.3	Koulutuksen aloitusajankohta	26
8	Koulutusmoduulit	28
8.1	Moduuli A.....	28
8.1.1	Robotin toimintaympäristö.....	28
8.1.2	Turvallisuus	28
8.1.3	Robotin oheis- ja ympäryslaitteet.....	29
8.1.4	Koordinaatistot	30
8.1.5	Konenäön perusteet	30
8.1.6	Tiedollisen oppimisen mittaaminen.....	31
8.1.7	Yhteenvedo moduulin A pedagogisista ratkaisuista.....	31
8.2	Moduuli B.....	31
8.2.1	Teoreettinen tausta moduulin B opetukselle	32
8.2.2	Robottisolun päivittäinen käyttö	33
8.2.3	Paikoitukset.....	34
8.2.4	Ohjelman teko.....	35
8.3	Moduulin B työssä opittavia asioita	36
8.3.1	Päivittäiset huoltotoimenpiteet.....	36
8.3.2	Toimenpiteet valmistettavien nimikkeiden vaihtuessa	37
8.3.3	Käsiajo työpaikan robotilla.....	37

8.4	Moduulien A ja B vertailu toisen asteen metallialan koulutusten sisältöihin robotiikan opetuksen suhteen	37
9	Yhteenveto.....	39
	Lähteet	40
	Liitteet.....	41
	<i>Liite 1: Mikä on robotti?.....</i>	<i>41</i>
	<i>Liite 2: Robotin liikkeet.....</i>	<i>42</i>
	<i>Liite 3: Robotin oheislaitteet</i>	<i>42</i>
	<i>Liite 4: Robotin ohjelmointi</i>	<i>42</i>
	<i>Liite 5: Opintojakso4.5.30, FMS-järjestelmien käyttö (10 ov)</i>	<i>43</i>
	<i>Liite 6: Sanastoa</i>	<i>44</i>

1 Johdanto

Kehityshankkeen tarkoituksena on luoda erilaisista moduuleista muodostuva koulutuspaketti, jonka avulla koulutetaan työntekijöitä käyttämään teollisuusrobottia. Tarkempaa tietoa siitä, mikä teollisuusrobotti on, löytyy liitteestä 1.

Hankkeen perusideana on kehittää työnantajani Tampellan Teollisuusoppilaitos Oy:n (myöhemmin TOL) omistajayrityksiin kuuluvan AGCO Sisu Powerin (myöhemmin ASP) tarpeisiin soveltuva käytännönläheinen teollisuusrobottikoulutus niin nykyisille kuin uusillekin työntekijöille turvallisemman ja tehokkaamman teollisuusrobotin käyttämisen mahdollistamiseksi. ASP:lla on käytössään Nokian Linnavuoren yksikössä noin 100 teollisuusrobottia, joten lähes jokainen yksikön tuotannollisissa töissä työskentelevä henkilö tulee väistämättä olemaan tekemisissä teollisuusrobotin kanssa jossain vaiheessa, ellei jopa koko ajan, työuransa aikana. Tällä hetkellä koulutusta on saatu robottivalmistajilta sekä yrityksen sisäisenä koulutuksena, mutta yrityksessä tehtyjen koulutustarvekyselyjen mukaan tarvetta koulutukselle on edelleen paljon. Kehityshankkeessa kuvattavaa, oppilaitoksemme toisen oppilaitoksen kanssa yhteistyössä yritykselle suuntaamaa, koulutustarjontaa lisäämällä voitaisiin päästä hinnallisesti ja tarjonnallisesti hyvin joustavaan ratkaisuun, josta kaikki osapuolet saisivat lisäarvoa niin tuotannollisiin kuin tiedollisiin ponnistuksiin suomalaisen koneenrakennusteollisuuden hyväksi.

Hanke toteutetaan yhdessä Tampereen ammattiopiston Hervannan yksikön (myöhemmin TAO Hervanta) kanssa ja itse robotin kanssa tapahtuva koulutus suoritetaan TAO Hervannan tiloissa. Tällaista toteutuksellista järjestelyä puoltaa montakin eri asiaa. TAO:lla on jo nyt teollisuusrobotteja koulutuskäytössä ja heille on tulossa uusi robottisolu opetuskäyttöön syksyllä 2012. Lisäksi ASP:n tuotantojohtaja Kari Lyytikäinen on sekä TOL:n hallituksen jäsen että TAO Hervantaan hankittavan robottisolun hankintaa ohjaavan ryhmän jäsen. Yhteistoiminnalla TAO Hervannan ja TOL:n kanssa voidaan saavuttaa synergiaetuja ja lisäksi lähentää oppilaitoksia niin toisiinsa kuin yritysmaailmaankin.

Kehityshankkeessa pyritään luomaan toimiva ja kehittyvä malli oppilaitosmaailman ja yritysmaailman väliselle, teknisesti haastavalle koulutusaiheelle.

2 Yleistä tietoa hankkeen osapuolista

2.1 Agco Sisu Power Oy

Agco Sisu Power Oy (entinen Sisu Diesel) on yli 60 vuotta Nokian Linnavuorella toiminut dieselmoottoritehdas. ASP kuuluu amerikkalaiseen Agco-konserniin ja on yksi maailman merkittävimmistä dieselmoottoreiden valmistajista. Tehdas valmistaa vuodessa 30000 dieselmoottoria. Henkilöstön määrä on noin 680. ASP:n dieselmoottorit täyttävät nyt ja tulevaisuudessa viimeisimmät päästömääräykset ja ne on kehitetty käyttämään myös ympäristöystävällisiä biopolttoaineita.

2.2 Tampereen ammattiopisto

Tampereen ammattiopisto muodostuu nykyisin viidestä koulutusalaista ja yhtenä kokonaisuutena toimivasta aikuiskoulutuksesta. Koulutusaloja ovat: tekniikka, palvelut ja liiketalous, sosiaali- ja terveysala, liikenne ja metsä sekä maahanmuuttajakoulutus. Nuoria opiskelijoita on noin 4 600 ja aikuisia noin 6 000. Hallinnollisesti Tampereen ammattiopisto on osa Tampereen kaupungin ylläpitämää toisen asteen koulutuksen tuotantoaluetta, johon kuuluvat TAO:n lisäksi Tampereen seitsemän päivälukiota ja yksi aikuislukio.

2.3 Tampellan Teollisuusoppilaitos Oy

Tampellan Teollisuusoppilaitos on Tampereen Hervannassa sijaitseva ammatillinen kone- ja metallialan erikoisoppilaitos. Koulumaailmassa Tampellan Teollisuusoppilaitos sijoittuu teollisuuden omistamien erikoisammattikoulujen joukkoon ja on jatko-opiskeluopiskelupaikka ammatillisesta peruskoulutuksesta valmistuneille. Tampellan Teollisuusoppilaitoksen koulutustarjonta perustuu yritysten tarpeisiin ja ammattitutkintojen perusteisiin ja koulutusten tehokkuus perustuu vahvaan yrityselämän tuntemukseen. Oppilaitoksen taustayrityksiä (omistajia) ovat Metso Minerals, Metso Power, Sandvik Mining and Construction ja Agco Sisu Power.

2.4 Yhteistyö

TAO ja TOL toimivat toisen asteen kouluttajina Tampereen seudulla. Monet TOL:n oppilaat ovat lähtöisin TAO:n eri toimipisteistä ja he tulevat TOL:iin suorittamaan koneenasentajan ammattitutkintoa, koneenasentajamestarin erikoisammattitutkintoa, koneistuksen ammattitutkintoa tai koneistajamestarin erikoisammattitutkintoa. Erikoisammattitutkinnot

vaativat tosin useamman vuoden työkokemuksen. Vastaavasti TOL ostaa tarvittaessa TAO:lta sellaisia koulutuksia, jotka eivät ole TOL:n omalla ydinsaamisalueella tai mihinkä TOL:lla ei ole laitteistoa olemassa. TOL:n ja ASP:n yhteistyö perustuu siihen, että viimeksi mainittu omistaa osan TOL:n osakekannasta ja vastineeksi tästä sekä saatavasta rahoituksesta TOL kouluttaa heille työntekijöitä. TAO:n ja ASP:n yhteistyö muodostuu työntekijöiden, lähinnä nuorisosaasteen opiskelijoiden, kouluttamisesta. TAO:n, TOL:n ja ASP:n kolmikantainen yhteistyö tässä kehityshankkeessa kuvattavassa koulutushankkeessa perustuu johdannossa mainittuun ASP:n yritysjohtajan oppilaitosten kanssa tekemään yhteistyöhön.

3 Taustaa robottikoulutushankkeelle

3.1 Tapahtunutta kehitystä

ASP:n tehdas kävi läpi lähes vallankumouksellisen tuotantoteknisen uudistuksen vuosina 2005–2007. Tuona aikana valmistuksessa käytettävien robottien määrä on kasvanut voimakkaasti ja kasvaa edelleen. Robotit toimivat useimmiten soluissa tai osana joustavaa valmistusjärjestelmää joko panostaen yhtä tai useampaa työstökoneetta, palvellen esimerkiksi pesukoneetta, suorittaen maalausta tai tehden kokoonpanoa ja siihen liittyviä oheistoimintoja. Nykyään tehdas tuottaa vuodessa noin 30.000 dieselmoottoria. Haastatellessani erästä tuotannon työntekijää robottikoulutuksessa hänen mielestään olennaisten asioiden tiimoilta hän kertoi yhtiön tuottaneen 1970-luvulla samalla väkimäärällä 5000 moottoria vuodessa. Eli kehitystä on tapahtunut todella paljon, niin tuotantomäärissä kuin – tekniikassakin, kun on siirrytty suorittamaan monia ennen käsin tehtyjä töitä robotilla.

3.2 Ihminen kehityksen mukana

Kun kehitys kohti voimakkaasti robotisoitua valmistusta kohti lähti valmistussolu valmistussolulta eteenpäin, eri työtehtävissä toimineita työntekijöitä koulutettiin aina sitä mukaa, kuin se solu, missä he työskentelevät, alkoi valmistua. Koulutusta annettiin sekä robottivalmistajien että yrityksen omien resurssien toimesta, joista jälkimmäistä edusti ja edustaa edelleen solujen rakentamisesta ja käyttöönotosta vastaava konepalveluksi nimetty ryhmä. Konepalvelun tehtäväkenttä on hyvin monipuolinen. Oman opettajien työelämäjakson aikana huomasin heidän muun muassa rakentavan soluja, korjaavan soluja ja työstökoneita, purkavan robottien toiminnassa eteen tulleita tuotannonkeskeytyksiä, tekevän muutoksia robottien työkalujen tekemisiin liikeratoihin, tekevän yhteistyötä koneistajien kanssa uusien työstökoneiden ja robottien vaatimien ohjelmien suhteen sekä neuvovan koneistajia ja kokoonpanosta vastaavan osaston työntekijöitä robotin käytössä.

3.3 Tuotanto kehittyy edelleen

Tuotannon kehitys ei ole pysähtynyt vuoteen 2007, vaan sen parissa on tehty sitä ennen ja sen jälkeen töitä runsain mitoin. Uusia soluja on rakennettu ja vanhoja laitteita korvattu uusilla. Uusien solujen ja entisten kehittämisen yhteydessä myös robottikanta on lisääntynyt ja uusiutunut. Robottien ohjelmistoversiot ja niiden ohjaukseen käytettävät, kädessä pidettävät ohjaimet, ovat muuttuneet vanhojen säilyessä rinnakkain käytössä. Solussa työskentelevällä henkilöllä voi olla operoitavanaan sekä vanhalla että uudella ohjelmistoversiolla ja käsiohjaimella varustettu robotti, minkä lisäksi operoitavaa löytyy myös kahdesta tai useammasta työstökoneesta. Eli ympäristö, jossa työntekijä työskentelee, on erittäin haastava

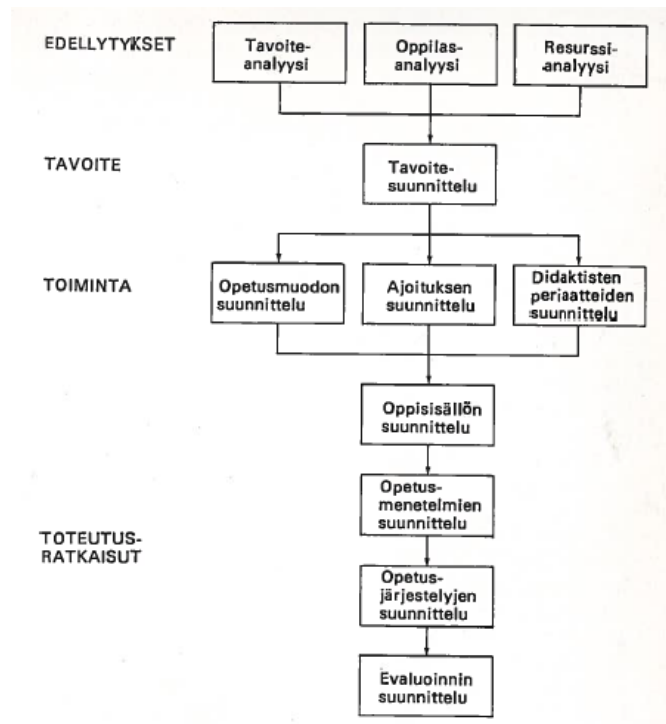
ja vaatii työntekijältä monipuolista osaamista niin työstökoneen, robotin ja koko solun toiminnan ylläpitämiseksi.

3.4 Robottikoulutuksen tilanne

Vaativan teknisen ympäristön muuttuminen ja tuotantomäärien kasvaminen yhdessä moottorimallien kehityksen kanssa on asettanut omat haasteensa työntekijöiden robottikoulutukselle. Aina ei ole ollut aikaa eikä resursseja kouluttaa robottiosaamista entisille tai uusille työntekijöille. Työntekijän lähettäminen koulutukseen robottivalmistajan järjestämille kursseille toiselle paikkakunnalle on poissa työajasta, joka ASP:lla on monesti varsinkin koneistuspuolella järjestetty jatkuvaksi 5-vuoroksi. Konepalvelun resurssit antaa koulutusta työntekijöille muiden tehtäviensä ohella on puolestaan hyvin rajallinen. Yrityksen tekemän koulutustarvekartoituksen mukaan erittäin monella yrityksen työntekijällä olisi halua saada lisää koulutusta. Nyt alkanut hanke robottikoulutuksen lisäämiseksi oppilaitosyhteistyön avulla pyrkii luomaan vastauksen tähän kysyntään.

3.5 Opetussuunnitelma

Opetussuunnitelma on kokonaissuunnitelma niistä toimenpiteistä, joiden avulla pyritään tuottamaan oppilaille asetettujen tavoitteiden suuntaisia oppimiskokemuksia (Suonperä 1979, 138). Opetussuunnittelulla tarkoitan tässä kehittämishankkeessa opetustilanteen suunnittelua. Kehittämishanketta pyritään viemään eteenpäin oheista opetustilanteen suunnittelua kuvaavaa mallia mukaillen, vaikkakaan ei orjallisesti noudattaen. Esimerkiksi tavoitteita, oppilaita tai resursseja ei juuri tarvitse analysoida, sillä ne ovat annettuja asioita. Koko opetussuunnitelman voisi tiivistää niin, että tavoitteena on saada ASP:lla robotin kanssa työskentelevät työntekijät (oppilasanalyysi) oppimaan käyttämään robottia paremmin (tavoiteanalyysi) kouluttamalla heitä TAO:n ja TOL:n toimesta (resurssianalyysi) jakamalla koulutus sekä teoriaa että käytännön opetusta sisältäviin moduuleihin (opetusmuotosuunnittelu) oppilaiden aikaisemman osaamisen perusteella, kun käytettäväksi on annettu yksi päivä teorialoduuliin ja kaksi päivää käytännön moduuliin (ajoituksen suunnittelu). Oppisisällöltään koulutus taas pohjautuu työntekijöiden haastatteluihin ja konepalvelun henkilöiden mielipiteisiin koulutettavista asioista ja niiden opettamistavoista, jotka taas perustuvat aiemmin ASP:lle tarjottuun robottikoulutukseen, kuten opetusjärjestelyjen suunnitteleminen maksimissaan 10 hengen ryhmäkoon mukaiseksi teoriaa opiskellessa ja kahden hengen ryhmäkoon mukaiseksi käytännön taitoja opiskellessa (oppisisällön, opetusmenetelmien ja opetusjärjestelyjen suunnittelu).



Kuva 1. Opetustilanteen suunnitteluprosessi (Suonperä 1979, 139).

4 Pohjatyötä robottikoulutukselle

4.1 Tarpeiden kartoituksen menetelmä

Lähdin kartoittamaan tarpeita koulutukselle ASP:lla suorittamani työelämäjakson yhteydessä tammikuussa 2012. Haastattelin niin konepalvelun, koneistuksen ja kokoonpanon henkilöitä heidän työskennellessään koneidensa ääressä, heidän ollessaan taukotuvassa tai muuten vain ohimennen luontevan tilanteen tullessa. Samoin haastattelin heidän esimiehiäänkin. Näin tietoa alkoi kerääntyä pikkuhiljaa ja tietyt robotin käyttöä koskevat kysymykset alkoivat toistua yhä uudestaan. Kaikkiaan keskustelin noin 30–40 eri henkilön kanssa ASP:n eri osastoilla, joten otos on mielestäni hyvin kattava. Työntekijöiden suhtautuminen robotteihin ja niiden käyttöön oli mielestäni hyvin positiivista, vaikka tyypillistä, pirkanmaalaiselle metallimiehelle tyypillistä tervettä kyynisyyttäkin oli havaittavissa. Koetin haastatteluissa luoda positiivista ilmapiiriä aiheen tiimoilta selvittäen, että se taho, joka asiaa on laittanut liikkeelle, on työnantaja ja että koetamme nyt vastata tehtaan robottikoulutustarpeisiin oppilaitoksina mahdollisimman hyvin. Mitään maata syleilevää koulutuspakettia en lähtenytäkään mainostamaan, vaan kehittyvää ja yrittäjä- ja oppilaitoksia hyödyttävää peruspakettia.

4.2 Robotinkäytön haasteiden kartoittaminen

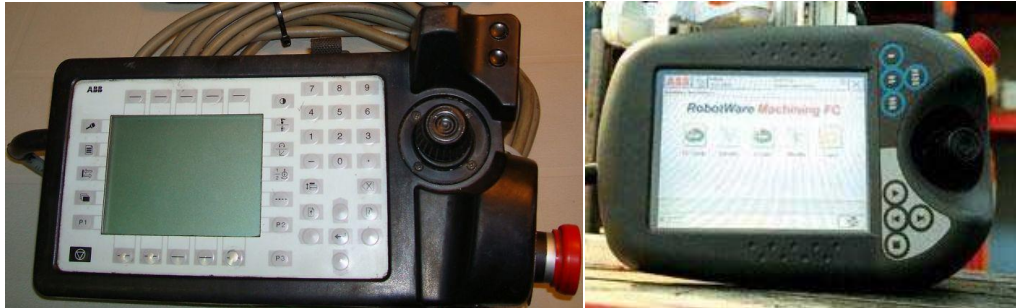
4.2.1 Eri valmistajien robotit

ASP:lla on käytössään kahden eri robottivalmistajan tuotteita. Kumpikin, ABB Robotics ja Fanuc Robotics, ovat alansa kärkinimiä ja tunnettuja valmistajia. ASP ei ole jättäytynyt yhden robottitoimittajan varaan, tähän liittyisi riski robottien ja niihin liittyvien palveluiden monopolisoitumisesta ja hintojen nousemisesta korkeammalle tasolle kuin nykytilanteessa, missä robottihankintoja voidaan kilpailuttaa. Kummallakin valmistajalla on omat ohjelmistokielensä, joten yhtenäistä koulutusta yhdellä ohjelmistokielellä ei voida järjestää, ellei samalla rajata toisen valmistajan robottien käyttöön tarkoitettua koulutusta ohjelmasta pois.

4.2.2 Eri vuosimallia olevia robotteja

Sen lisäksi, että käytössä on kahden eri valmistajan ja samalla eri ohjelmointikielen omaavia robotteja, niin kummankin valmistajan roboteista löytyy eri vuosimallia ja ohjelmistovarianttia olevia robotteja, joidenka valmistajakohtaisetkin erot saattavat ainakin käyttäjän kädessä pidettävää robotin käsiohjainta katsoessa olla suuria. Vanhemmissa käsiohjaimissa ei ole kosketusaktiivista näyttöä, kun taas uudemmissa on. Tämäkin saattaa muodostua kynnykseksi

robotin käytön opiskelulle. Mikäli on aiemmin tottunut käyttämään vanhan mallista käsiohjainta, uuden mallisesta eri valikoiden ja toimintojen löytäminen voi olla haasteellista. Esimerkkinä ABB:n käsiohjaimet eri ikäkaudesta oleville ohjelmistoille S4C ja irc5 (Kuva 2).



Kuva 2. Vasemmalla S4C:n ja oikealla irc5:n käsiohjain.

Samankaltaisia eroavaisuuksia löytyy Fanuciltakin, joten robottia operoivilla henkilöillä voi olla melkoinen kirjo erilaisia ohjaimia eri robottivalmistajilta näiden eri ohjelmistovarianteilla.

4.2.3 Erilaisia ohjelmistorakenteita

Robotteja käyttäviä valmistussoluja on ollut aikojen saatossa rakentamassa useampia tekijöitä, ja robottien työkierrrossaan tekemien samantyylistenkin liikeratojen taustalla voi olla erilaisia ohjelmistorakenteita, mikä tekee ohjelman sisällä eri komentoriviltä toiselle tai aliohjelmasta toiseen haastavaksi. Toisaalta on mietittävä, onko edes mahdollista tehdä eri soluissa olevien ja eri toimintoja suorittavien robottien ohjelmia sellaisiksi, että niillä on yhtenäinen ohjelmistorakenne, ja jos pystyy, kuka huolehtii ohjelmistorakenteiden yrityksen sisäisestä yhtenäistämisestä ja kuka sitä pitää yllä.

4.2.4 Kappaleiden sarjatuotanto

Dieselmoottoireiden valmistaminen on sarjatyötä. Moottorivariantteja löytyy useita, mutta niissä olevia osia on ASP:n suunnittelun toimesta pyritty vakioimaan valmistuskustannusten pienentämiseksi. Tuotantoon tämä heijastuu isoinakin vuotuisina valmistusmäärinä, missä robotiikan käyttö on ollut omiaan tehostamaan osien valmistustoimintaa. Tästä esimerkkinä mainittakoon hammaspyöriä moottoreihin valmistavassa hallissa numero 2 oleva Nakamura-Tome-merkkinen työstökone robotteineen. Ennen robotin tuloa kyseiseen soluun koneella valmistettiin manuaalisesti kappaletta vaihtamalla ja kaksikaraisen sorvin toista karaa tehokkaasti käyttämällä 20000 hammaspyörän ahiota vuodessa. Lisäämällä manipulaattori vaihtamaan kappaleita ja ottamalla sorvin toinenkin kara käyttöön tuotantomäärä nousi 50000:n kappaleeseen vuodessa. Vaihtamalla manipulaattori robottiin sorvilla on pystytty valmistamaan parhaimmillaan 106000 kappaletta vuodessa.

Robottikoulutusta ajatellen sarjatuotanto kumminkin tuottaa pedagogisessa mielessä haasteen. Innokas ja nopeasti asioita oppiva oppilas voi omaksua asian kurssilla nopeastikin ja hallita sen kurssin jälkeen. Mutta kun kappaleita valmistetaan koneella vuodesta toiseen kohtuullisen vähäisin muutoksin, on riskinä, että kurssilla opittu tieto saattaa unohtua. Moni haastateltavista sanoi näin käyneenkin. Lisäksi tuotantomäärien ollessa korkealla tasolla asioiden muisteleminen tuotantokäytössä olevalla robotilla ei ole mahdollista kahdestakaan syystä: tuotanto keskeytyisi harjoittelun ajaksi ja riski siihen, että harjoiteltaessa saatettaisiin tehdä vahinko robotille ja sen oheis- ja ympäryslaitteille on suuri. Tällöin tuotanto saattaisi keskeytyä pitkäksi aikaa ja yritykselle aiheutuisi kustannuksia niin itse laitteiden korjaustyöstä kuin keskeytymisestä tuotannostakin, mikä taas aiheuttaa osien myöhästymisiä kokoonpanon tarvitsemille osille ja sitä kautta asiakkaille toimitettavien moottoreiden toimituksille. Jotkut haastateltavista esittivät tähän ratkaisuksi omien muistiinpanojen tekemistä, mutta kurssilla tehtyjen muistiinpanojen tulkintaan myöhemmin työympäristössä liittyy mielestäni selkeä riski, jolla tarkoitan vaikeuksia tulkita omia koulutuksen aikana näitä mahdollisesti kiireessä tehtyjä muistiinpanoja. Akateemisessa tai muussa paljon luentoja tai teoriaa sisältävässä koulutuksessa olleet ihmiset tietävät, kuinka vaikeaa omista luentomuistiinpanoista, varsinkin kiireessä tehdyistä, on vaikea saada selkoa luennon jälkeen. Jos näiden muistiinpanojen tulkinassa tulee virheitä työssä, niin siitä saattaa mahdollisesti seurata virheitä robotin toiminnassa.

4.2.5 Viikonloppu- ja vuorotyöt

Käytön kannalta yksi erittäin olennaiseksi suoritetuissa haastatteluissa havaittu haaste on henkilöstön vähyys viikonloppu- ja vuorotöiden aikana. Niin koneistuksessa kuin kokoonpanossakin on ihmisiä töissä myös muina aikoina kuin päiväsaikaan viikon viitenä arkipäivänä. Konepalvelun henkilöt työskentelevät pääsääntöisesti arkipäivisin päivävuorossa. Mikäli viikonloppuisin on esiintynyt häiriötä, joita koneistuksen tai kokoonpanon henkilöt eivät ole itse saaneet korjattua, he ovat soittaneet tällöinkin konepalvelun henkilölle, jotka ovat vastanneet puheluihin ja saattaneet tulla tarvittaessa myös käymään varsinaisen työaikansa ulkopuolella, ainakin he, jotka asuvat lähellä tehdasta. Asiasta on sovittu heidän esimiehensä kanssa.

Mikäli käy niin, ettei häiriötä saada itse poistettua tai konepalvelusta ei saada ketään paikalle, niin silloin koko solun toiminta saattaa pysähtyä. Tuotannon ollessa pitkälle automatisoitua ja tuotettaessa sekä osia että valmiita moottoreita suurina määrinä, viiveet tuotannossa tulevat kalliiksi. Solussa ei välttämättä ole kuin pari henkilöä töissä kussakin vuorossa, joten jos osaamista häiriön poistamiseen ei ole, niin koko solun toiminta saattaa keskeytyä kyseisen vuoron ajaksi. Tällöin on riskinä, että joko kokoonpanoon tulee osapuutteita tai sitten itse kokoonpano keskeytyy, mikäli vastaava häiriö ilmenee kokoonpanon robotisoiduissa kokoonpanosoluissa.

Toinen riski viikonloppuja ja muita kuin päivävuoroja koskien on turvallisuus. Huolimatta siitä, että yrityksessä on voimakkaasti panostettu työturvallisuuteen ja panostuksilla on saatu

tuloksia aikaan, inhimillisen riskin vaara on aina olemassa. Esimerkkinä tästä voisi mainita tilanteen, jossa moottorin lohkoja valmistavassa solussa toinen työntekijä oli mennyt tekemään asetusta työstökoneeseen yövuoron aikana. Toinen työntekijä huomasi, että solu on poissa käytöstä ja meni käynnistämään solun. Solu käynnistyi toisen työntekijän edelleen ollessa tekemässä asetusta ja robotti alkoi suorittaa työkiertoaan, jolloin solun sisällä ollut työntekijä alkoi jäädä robotin ja koneen väliin puristuksiin. Solun uudelleen käynnistänyt työntekijä onneksi huomasi tapauksen, ja kuolonuhrilta vältyttiin, koska hän sammutti solun hätäseis-painikkeella ja ajoi robotin käsiajolla pois painamasta puristuksissa olevaa työtoveriaan. Tarkkaa mekanismia onnettomuuden syntyyn en ole saanut tietää. Riski kuvatus kaltaisiin onnettomuuksiin on vähäinen, mutta olemassa. Tällaisessakin tapauksessa toisen työntekijän on tiedettävä, kuinka käynnistää solu hätäseis-painikkeen painamisen jälkeen niin, ettei robotti ala uudestaan kohdistamaan puristusta jo ennestään puristuksissa olevaan henkilöön, vaan käynnistyy käsiajo-tilassa. Käsiajo-tilassakin on tiedettävä, mitä akseleita liikuttelee, ettei itse purista toista henkilöä liikuttamalla robottia väärään suuntaan.

Olennaista niin koulutuksen kuin yrityksen sisäistenkin järjestelyjen kannalta on kumminkin se, että tällaiset tapaukset saataisiin estettyä ja solut koneineen toimisivat päivin öin aina koko viikon ajan eli turvata ihmiset, tuotantolaitteet ja tuotanto.

4.3 Robottikoulutuksen haasteiden kartoittaminen

4.3.1 Yleistä

Edellä kuvatut asiat luovat omat haasteensa koulutuksen järjestämiseen ja sen opetussuunnitelman tekemiseen. Selkeää rajaamista tarvitaan ja koulutuksen avulla haluttu ja koulutuksessa antamaan pystyttävä tiedon taso on pystyttävä yhdessä hankkeeseen osallistuvan yrityksen ja oppilaitosten kanssa selkeästi määrittelemään.

4.3.2 Rajanveto robottioperaattoreiden ja konepalvelun toimenpiteille

Yksi tärkeimmistä opetussuunnitelmaa koskevista rajauksista on määrittää rajat niille robotin käyttöä koskeville toimenpiteille, mitä konepalvelussa työskentelevät ja robotteja ammatikseen asentavat, huoltavat ja ohjelmoivat henkilöt ja mitä taas robotteja operoivat henkilöt tekevät. Oppilaitokset eivät voi puuttua yrityksen sisäisiin asioihin määräämällä, mitä kukin saa tehdä, mutta yritys voi ottaa kantaa asiaan oppilaitosten suuntaan osallistumalla määrittelemään koulutuksen robottioperaattoreille antavia valmiuksia. Tällä tavalla vaikuttamalla yritys voi tehdä rajanvetoa myös sisäisesti, valitsemalla koulutukseen opetusta niistä taidoista, joita työssä oletettavasti tarvitaan. Eli koulutuksessa annettuja tietoja laajempaa osaamista robotin käytöstä ei työssä vaadita, mutta omaehtoista lisätietojen

opiskelua ei silti suljeta pois, kunhan tämä ei haittaa työntekoa tai aiheuta vaaratilanteita tuotannossa ihmisille, laitteille tai tuotannolle. Omien TET-jaksolla tekemiäni havaintojen mukaan itsenäistä opiskelua haluavia ja jo tekeviä löytyy tuotannosta. Esimerkkinä eräässä hammaspyöriä valmistavassa solussa työskentelevä nuorehko mies, joka odottaessa kyseiseen soluun tulevia uusia aihioita korjaili robotin liikeratoja ABB:n irc5-tyyppistä ohjainta käyttäen. Haastatellessani hän kertoi, että on kiinnostunut robotiikasta ja haluaisi syventyä asiaa muun työn ohella lisääkin. Toisissa haastatteluissa taas on tullut ilmi, että joillakin robotin kanssa tekemisissä olevilla on robotista joko huonoja kokemuksia, he ovat epävarmoja tai eivät tiedä, mitä tehdä ja mistä tietoa pitäisi lähteä hakemaan. Tällöin on helpompi soittaa konepalveluun, josta saa useimmiten nopean ratkaisun tilanteeseen, tosin viikonloput ja muut ajat kuin päivävuorot tekevät tästä poikkeuksen.

4.3.3 Koulutuksen sisällön määrittäminen

Koulutus on tarkoitus järjestää sisällöltään erilaisissa moduuleissa. Perustelu tälle ajatukselle on se, että koulutettavat tulevat olemaan lähtötasoltaan erilaisia. Kokeneemmille käyttäjille, joille robotit ja niiden toimintatavat ja – ympäristöt ovat tuttuja, ei tarvitse enää opettaa aivan perustason asioita robotiikasta, kuten mikä on robotin toimintaperiaate tai miksi tuotannossa ylipäättään käytetään robotiikkaa. Robotiikkaa ennestään tuntemattomille tällaiset asiat ja varsinkin robotin käyttöön liittyvät turvallisuusasiat taas ovat ehdottomasti opintoihin kuuluvia perusasioita. Heille taas on turha heti alkuun puhua syvällisesti esimerkiksi robotin liikeratoja määrittelevien lineaari- ja joint-liikkeiden välisistä eroista. Sisältöä olisi TET-jaksoni aikana tehtyjen haastattelujen ja havaintojen perusteella helppo kasvattaa vaikka kuinka laajaksi, mutta tällöin tulee vastaan koulutukseen käytettävät ajalliset ja taloudelliset resurssit ja se, onko kaikkien havaittujen asioiden kouluttaminen mielekästä juuri asian laajuuden vuoksi. Tarkoituksenmukaisinta olisi mielestäni opettaa niitä asioita, joidenka parissa robottia operoivat työntekijät päivittäin ovat tekemisissä ja mitkä juuri aiheuttavat eniten katkoksia tuotantoon. Tällä saavutettaisiin yritysten työntekijöiden kouluttamisen ydin, eli kouluttaa heitä sen mukaan, mitä taitoja ja mitä osaamista heidän työnsä heiltä vaatii. Ihmiset voivat vapaa-aikanaan opiskella mitä mielivät, vaikka heille turhiakin taitoja, pitääkseen omaa henkistä vireystilaansa yllä. Tällöin opiskelun taustalla on eräänlaisen yksityisen henkisen pääoman kasvattaminen ja siitä saatavan hedonistisen eli mielihyvää tuottavan hyödyn saaminen. Koulumaailmassa opintoihin taas kuuluu yleissivistäviäkin aineita, joilla ei ole suoraa yhteyttä ammatissa vaadittaviin tietoihin ja taitoihin. Yrityksille tehtävässä täsmäkoulutuksessa tällaisia elementtejä ei ole, vaan mielestäni on pyrittävä tekemään koulutuksesta sisällöllisesti mielekäs tarjoamalla riittävän kattava, muttei kumminkaan ylimitoitettu määrä sellaista tietoa, jota koulutettavat pystyvät hyödyntämään työssään mahdollisimman nopeasti asian unohtumisen välttämiseksi. Sen vuoksi asiakasta eli koulutustarjontaa tarvitsevaa yritystä on kuunneltava erityisen tarkkaan koulutuksen sisällön suunnittelussa. Kehityshankkeen tekemisen aikana onkin tarkoitus neuvotella niin Agco Sisu Powerin, TAO Hervannan kuin TOL:n välillä niistä sisällöistä ja opetusmenetelmistä, joita koulutusten tulee pitää sisällään. Alustavasti ajatuksena on ollut jakaa kahteen osioon,

teoreettiseen tason 1 moduuliin ja teoriaa, oppilaitoksessa tapahtuvaa robotin käyttöä sekä työssäoppimista sisältävään tason 2 moduuliin.

4.3.4 Vaatimustason asettaminen, mittaaminen ja todentaminen

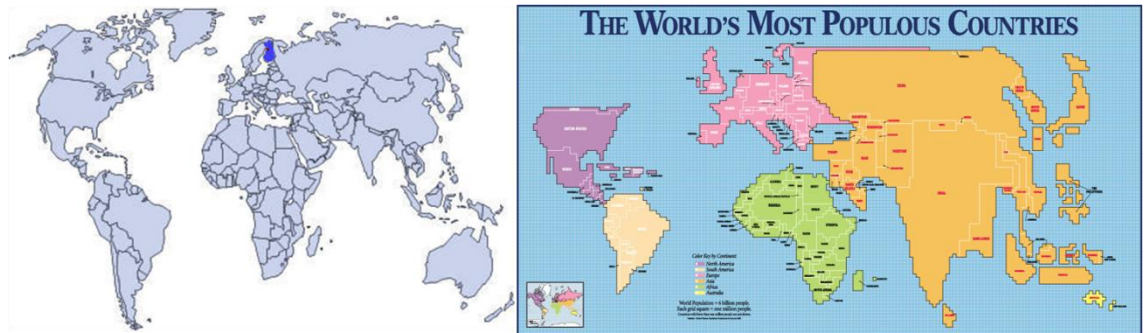
Vaatimustason asettaminen, mittaaminen ja todentaminen luovat mielestäni todellisen haasteen kehityshankkeen kannalta. Laajin sisältö koulutukselle on pitkälti kartoitettu TET-jaksoni aikana haastatteleamalla robottien käyttäjiä, joten vaadittavat asiat voidaan listata haastatteluissa havaittujen asioiden perusteella ja tekemällä päätökset hankkeessa mukana olevien yrityksen ja oppilaitosten kanssa. Mutta kuinka voidaan todeta, millä tasolla kurssilla olleelta työntekijältä suoranaisesti voitaisiin vaatia opetettujen asioiden hallitsemista työelämässä kurssin jälkeen, varsinkin kun työ- ja oppilaitosympäristöt lähes aina poikkeavat toisistaan? Onko pelkkä osallistuminen kurssille peruste sille, että oppimista on tapahtunut? Koulumaailmasta tuttu numeroperusteinen arvostelu tuskin tulee kysymykseen. Itse en ole ollut työelämäni aikana ensimmäiselläkään kurssilla, jossa oppilaille olisi annettu arvosanat numeroina tai muuten. Toisaalta, mitenkä pelkän numeron antaminen auttaisi kurssilaista kehittymään niissä kohdissa, jotka ovat arvosanaa laskeneet?

Jos vertaa robottikoulutusta esimerkiksi trukki-, työturvallisuuskortti- tai tilityökorttikoulutukseen, niin kyseessä on teknisen osaamisen mittakaavassa huomattavasti vaikeammin omaksuttavissa oleva asia. Näistä kolmesta mainitusta koulutuksesta järjestetään kustakin kurssin päätteeksi teoriakoe. Jotkut kouluttajat järjestävät myös ajokokeen, jossa pujotellaan esteitä sisältävällä radalla ja nostetaan kuormalavaa hyllyyn tai tehdään muita vastaavia suoritteita. Teoriakokeesta on mahdollista päästä läpi, vaikka vastaisi väärin johonkin sellaiseenkin kysymykseen, jonka seurauksena käytännön toimissa saattaisi seurata jopa kuolemanvaara, mikäli pisteet kokeesta muuten riittävät sen läpäisemiseen. Ajoharjoittelussa toki saadaan viitettä siitä, mikä henkilön todellinen taitotaso on, mutta silti totuus osaamisesta näkyy vasta työpaikalla. Toki näistä kolmesta koulutuksesta on aina mahdollista saada hylätty arvosana, jolloin koe tai kokeet tarvitsee suorittaa uudestaan. Trukkikoulutuksen ollessa kyseessä hylätty arvosana on helppo korjata käymällä virheet lävitse oppilaan kanssa ja pitämällä koe uudestaan. Trukin ajokokeenkin käytännöt vaihtelevat kouluttajittain, sillä trukin kuljettamiseen oikeuttavaa lupaa varten ei vaadita samanlaista ajokoetta kuin esimerkiksi henkilöauton kuljettamista varten.

Mielestäni oppiminen tulisi kumminkin pystyä jotenkin todentamaan, mutta mahdollisten testien tulisi noudattaa sitä selkeää linjaa, mitä näistä kolmesta muusta koulutuksesta käytäntöä lähinnä olevan trukkikoulutuksen linja edustaa. Ne trukkikoulutukset, joita oppilaitoksessamme pidämme, perustuvat selkeään ja johdonmukaiseen materiaaliin, ja kokeissa esitettävät kysymykset on myös pyritty pitämään vastaavanlaisina.

4.3.5 Koulutuksen hyödyt

Mitä hyötyjä robottikoulutus oppilaitosten ja yrityksen välisenä tapahtumana voisi tuoda? Mielestäni hyötyjä ovat kaikki. Yritys hyötyy, sillä koulutuksen avulla heidän työntekijänsä pystyvät suoriutumaan tehtävistään entistä paremmin. Tämä taas edistää häiriöttömämmän tuotannon aikaansaamista ja läpimenoaikojen paranemista ja lisää yrityksen mainetta varmana moottorintoimittajana. Osaaminen sekä sen ylläpito ja kehittäminen koulutuksen avulla nostavat työtehoa, parantavat ammatti-identiteettiä sekä lisäävät luottamusta niin omaan itseensä kuin työnantajaankin; työnantaja kouluttaa minua, olen siis arvokas työntekijä. Oppilaitokset hyötyvät osaamisen kasvamisen, keskinäisen ja yritysmaailman välisen verkottumisen ja tunnettavuuden muodossa. Uskoisin myös tällaisten koulutusten takaavan paremmin esimerkiksi harjoittelupaikkoja kummankin oppilaitoksen oppilaille. Lopullisen hyödyn saa tietysti asiakas, joka saa moottorinsa kustannustehokkaammin ja sovittuun aikaan. Sillä vaikka me täällä koulumaailmassa teemmekin kaikkemme, niin kaiken koulutuksen taustalla on suomalaisen vientiteollisuuden maksava asiakas, jonka vuoksi tämä koulutusjärjestelmämme on täällä olemassa, tuottamassa osaavaa työvoimaa yrityksille, joka näitä asiakkaita palvelee. Sisämarkkinamme ovat kumminkin niin pienet, että kansakuntana olemme täysin riippuvaisia ulkomaista ja niiden kanssa harjoitettavasta kaupankäynnistä.



Kuva 3. Suomi maailmankartalla sijainnillisesti ja väestöllisesti (<http://blueland.nettisivu.org> ja www.whiteafrican.com).

5 Koulutuksen rakentaminen

5.1 Yleistä

Kuten teollisuuden koulutushankkeiden yleensäkin, niin myös kehityshankkeen aiheena olevan robottikoulutuksen sisällölliset tarpeet on kartoitettava etukäteen huolellisesti sekä tulevilta koulutettavilta sekä heidän työnantajaltaan. Tässä tapauksessa kyseessä on koulutuksen järjestäminen aiheesta, johonka liittyvässä käytännön kokemusmaailmassa tulevat koulutettavat elävät työaikanaan. Tiedon kerääminen on siten helpompaa, kuin esimerkiksi suunniteltaessa koulutusta aiheen parissa aiemmin tekemättä olleille koulutettaville ja heidän työnantajalleen. Työntekijöitä haastatellessani huomasin sellaisen seikan, että mitä pidemmän aikaa haastateltava työntekijä on ollut robotin kanssa tekemisissä, sitä vaikeampi hänen oli hahmottaa mahdollisia koulutustarpeita. Hän oli joko oppinut asioita itse, tai sitten hän oli tottunut käyttämään konepalvelua apunaan. Vähemmän aikaa robotin kanssa työskennelleet, mutta eivät kumminkaan juuri taloon tulleet, tuntuivat olevan otollisin ryhmä suorittaa kyselyjä koulutuksen tarpeista. Haastattelujen tulokset tullaan esittämään niin työnantajalle Agco Sisu Powerille kuin koulutuslaitteet omistavalle TAO Hervannallekin, jotta yhdessä pääsemme päättämään koulutuksen halutusta sisällöstä, osaamistasosta ja osaamisen mittaamisesta. Seuraavissa kappaleissa on esitelty haastattelujen tulosten perusteella sisällön kannalta tärkeimmiksi katsottuja.

5.2 Työntekijöiden haastatteluissa havaittuja koulutustarpeita

5.2.1 Robotin toimintojen ymmärtäminen

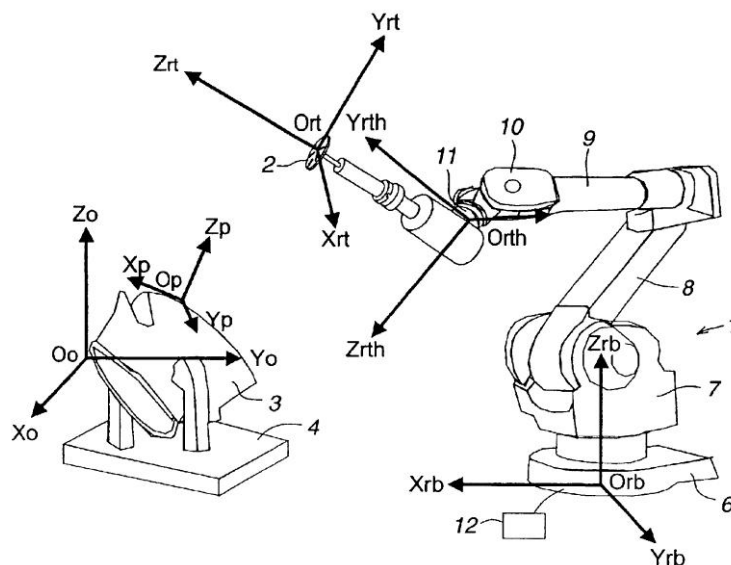
Yksi useimmin ilmaistuista asioista liittyi robotin käsiohjaimen ruudulta näkyvän ohjelman seuraamiseen ja ymmärtämiseen. Toinen ilmaisu tälle on robotti-ihminen sanasto, jonka avulla olisi mahdollista seurata paremmin, mitä ohjelma kullakin rivillä tekee. Tähän liittyy myös robotin ympäryslaitteiden kanssa kommunikointi, eli sekä robotin itsensä suorittamat toiminnot että sen esimerkiksi työstökoneen kanssa tekemät yhteistoiminnot. Mitä useampia ympäryslaitteita robotin ympärillä on, kuten esimerkiksi kokoonpanossa, sitä monimutkaisempaa kommunikointi robotin kommunikointi näiden laitteiden ja toisten robottien kanssa on. Yksinkertaisimmillaan keskustelu menee näin:

- Robotti: aukaise ovi.
>>> Työstökone aukaisee ovensa.
- Työstökone: (kuittaa) ovi avattu.
>>> Robotti laittaa tarraimen työstökoneen sisään ja tarttuu sillä työkappaleeseen.
- Robotti: avaa istukka.
>>> Työstökone avaa istukan.
- Työstökone kuittaa istukan aukaistuksi, jolloin robotti ottaa kappaleen pois.

Konekielisenä tämä ei kumminkaan kerro kaikille mitään, tosin konepalvelu soluja rakentaessaan on usein tehnyt ohjelmat niin, että komentorivin jälkeen käsiohjaimen näytöllä näkyy selitysrivi, josta voi lukea, mitä robotti tekee. Erään haastatellun koneistajan mukaan tällainen sanasto helpottaisi myös asioiden kysymistä konepalvelusta puhelimitse, jolloin konepalvelun henkilön ei välttämättä tarvitsisi aina edes tulla paikalle.

5.2.2 Koordinaatistojen ymmärtäminen

Koordinaatistojen ymmärtäminen tarkoittaa sitä, että robottia käyttävän työntekijän on hahmotettava erilaiset koordinaatistot, joita robotti ja sen ympäryslaitteet käyttävät. Kolmiulotteinen koordinaatisto muodostuu kolmesta liikesuunnasta: X, Y ja Z. Kaksiulotteinen koordinaatisto taas muodostuu liikesuunnista X ja Y, joista Y on perinteisesti edustanut ylöspäin tapahtuvaa liikettä, kuten esimerkiksi työstökoneissa usein on. Kolmiulotteisessa koordinaatistossa taas Y ei välttämättä osoitakaan ylöspäin sen yleisesti ymmärretyssä merkityksessä eli liikkeessä vaakasuorassa olevalta tasolta kohtisuoraan ylöspäin, toiseen suuntaan kuin maan vetovoima vaikuttaa. Tällainen tapaus on Agco Sisu Powerilla esimerkiksi Picco-merkkinen hammaspyörien hampaiden tekoon käytetty vierintäjiyrskone, jonka ”ylöspäin” näyttävä suunta Z on kyllä kohtisuorassa koneen työpöytää vasten, mutta työpöytä on tietyn asteluvun verran vinossa lattian vaakasuoraan tasoon nähden. Kyseisen laitteen koordinaatisto sijaitsee kuvan 5 näyttämän koordinaatiston X_p , Y_p ja Z_p mukaisesti, kun taas robotin koordinaatisto sijaitsee kuvan 5 koordinaatiston X_{rb} , Y_{rb} ja Z_{rb} mukaisesti. Koordinaatistot tarvitsee ymmärtää siksi, että osaa ohjelmassa siirtyä kappaletta käsitellessä robotin koordinaatistosta ympäryslaitteen koordinaatistoon ja osaa käyttää näitä keskenään. Lisätietoa robotin liikkeistä löytyy liitteestä 2.



Kuva 4. Robotin ja ympäryslaitteen koordinaatistot (www.freepatentsonline.com).

5.2.3 Robotin käsiajo

Robotin käsiajolla tarkoitetaan tilannetta, jossa robotin liikerataa ei määrää ohjelma, vaan sitä ohjataan robotin käsiohjaimella manuaalisesti. Tarve ohjata robottia käsin tulee usein tilanteessa, jolloin normaaliin toimintaan tulee poikkeama. Tällaisia poikkeamia ovat esimerkiksi koneistettavan osan aihion irtoaminen tarraimesta tai asettuminen huonosti työstökoneen istukkaan, kokoonpantavan moottorin osan asennuksen epäonnistuminen tai joku muu vastaava poikkeustilanne. Käsiajoa ajatellen tärkeitä asioita on tuntea robotin ja sen ympäryslaitteiden koordinaatistot ja sopivan alhaisen liikenopeuden valinta robotille. Jos näitä taitoja ei ole, on riskinä, että käsiajossa syntyy yhteentörmäys robotin ja työstökoneen välillä, jos robotti esimerkiksi lähtee liikkeelle väärään suuntaan liian suurella nopeudella. Käsiajoakin varten haasteen muodostaa erimerkkisten robottien merkkikohtaisesti erilaiset käsiohjaimet.

5.2.4 Liikkuminen ohjelman sisällä

Ohjelman sisällä liikkumisella tarkoitetaan sitä, että koneistaja tai kokoonpanoa valvova henkilö pystyy esimerkiksi edellisessä luvussa kuvatun koneistettavan kappaleen irrottua ja korjattuaan tilanteen käsin palaamaan ohjelmassa takaisinpäin tai liikkumaan eteenpäin saadakseen kappaleen siirron tapahtumaan uudestaan tai robotin ottamaan seuraavan aihion koneistettavaksi tai kokoonpanoon. Tämä taito vaatii myös joko ymmärrystä robotin kielestä tai vastaavasti ohjelmarivien väliin laitettavia selventäviä kommentteja.

5.2.5 Paikoitusten tekeminen

Paikoitusten tekemisellä tarkoitetaan robotin ohjelmassa olevien ja robotin liikeratojen määräävien avaruus- ja työkalukoordinaatiston pisteiden muuttamista tai lisäämistä. Näiden muuttamiseen saattaa joskus olla tarvetta, mikäli huomataan ennalta asetettujen pisteiden olevan toiminnan kannalta hankalia, koneistettavaan tai kokoonpantavaan kappaleeseen tai sen ympäristön mittoihin on tullut sellaisia muutoksia, että vanhoja koordinaatiston pisteitä ei pysty käyttämään kappaleen huonon asettamisen tai yhteentörmäysriskin vuoksi.

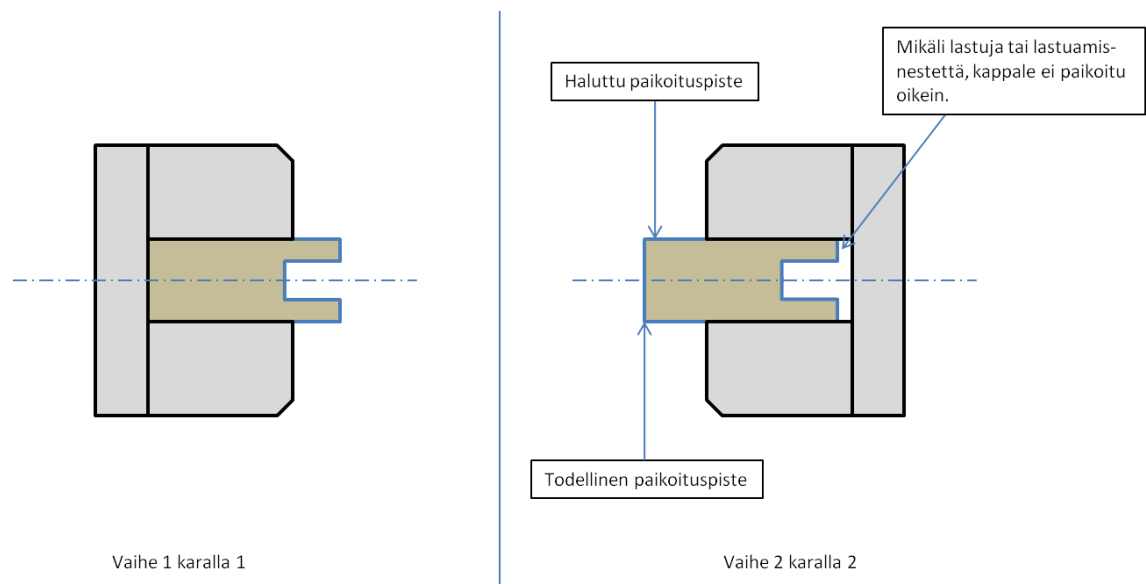
5.2.6 Ohjelman teko, kopiointi tai kopioidun ohjelman muuttaminen

Ohjelman teolla, kopiointilla tai kopioidun ohjelman muuttamisella tarkoitetaan joko uusien liikeratojen tekemistä robotille, näitä varten aiemmin tehtyjen ohjelmien kopioimista tai muokkaamista uutta käyttötarkoitusta varten. Tarvetta tällaisille toiminnoille voi tulla esimerkiksi uusien robotilla käsiteltävien kappaleiden tullessa tuotantoon tai ohjelman hävittyä robotin muistista. Tällöin uuden ohjelman teko tai uuden ohjelman teko vanhaa muokkaamalla ovat tulevat kysymykseen. Näistä jälkimmäinen on nopeampi tapa toimia, toki riippuen ohjelman pituudesta. Robotin ohjelmoinnista on lisätietoa liitteessä 4.

5.2.7 Lisätoimintojen ohjelmoiminen

Lisätoimintojen ohjelmoinnilla tarkoitetaan robotin liikeratoihin tehtävien toimintojen lisäämistä, jotka eivät välttämättä liity vaikkapa työstettävän kappaleen liikuttamiseen työstökoneen sisälle tai sieltä ulos. Esimerkin tällaisesta havaitsin Agco Sisu Powerin hallissa numero 2 sijaitsevan Nakamura-Tome-merkkisen työstökoneen ja robotin yhteistoiminnassa. Koneella sorvataan dieselmoottorin sisälle tulevia hammaspyöriä. Koska kone on kaksikarainen eli siinä on käytössä kaksi pyörivää karaa työkaluineen yhtä aikaa, kumpaakin pyritään pitämään toiminnassa koko ajan. Koneella tehtävät hammaspyörät sorvataan niin, että toinen pääty hammaspyörästä sorvataan karalla numero 1 ja toinen pääty karalla numero 2, jolloin karalla numero 1 kappaleeseen sorvattu pääty tulee vasten karaa 2. Pääty ei ole tasainen, vaan siihen muodostuu lieriön muotoinen tyhjä tila karaa 2 vasten tulevaan päätyyn. Tähän tyhjään tilaan kumminkin jää karalla 1 työstön jälkeen metallisia lastuja ja lastuamisnestettä. Mikäli kappaleen päätyä ei näistä puhdisteta, ei kappale paikoitu oikealle syvyydelle karaan 2, koska lastut estävät kappaleen painumisen karan pohjaan. Tällöin kappaletta ei voi koneistaa oikeille mitoille, vaan siitä tulee liian lyhyt tai se paikoittuu vinoon, jolloin karalla 2 sorvattu pääty ei ole kohtisuorassa karalla 1 sorvattuun päätyyn nähden (kuva 6). Ongelmasta pääsee eroon niin, että robotti ohjelmoidaan kappaletta karalta 1 poistaessaan kaatamaan päätyyn muodostuneeseen tyhjään tilaan jääneet lastut ja lastuamisnesteet pois erilliseen astiaan tai ohjelmoimalla se tekemään jonkun muun vastaavan toiminnon.

Peruskäyttäjän kannalta suhtaudun tällaisen taidon hankkimiseen suunnittelemamme koulutuksen puitteissa kumminkin varauksellisesti, sillä kyseinen taito vaatii jo huomattavan paljon kokemusta robotin käytöstä eikä välttämättä ole niin sanottu perustaito.



Kuva 5. Lastujen tai lastuamisnesteen jäämien vaikutus kappaleen paikoitukseen.

5.2.8 Yhteenvetoa haastatteluissa ilmenneistä tarpeista

Edellä kuvatut koulutukselliset tarpeet olivat yleisimpiä haastatteluiden perusteella harkittavia oppisisältöjä. Niiden mainitseminen ei tarkoita sitä, että ne automaattisesti tulisivat osaksi muodostuvaa koulutusta. Olen kirjoittanut haastatteluissa ilmenneet tarpeet järjestykseen niiden vaikeusasteen mukaan ja koettanut olla looginen sen suhteen, missä järjestyksessä nämä tarpeet koulutuksessa voitaisiin opettaa.

6 Nykytila koulutuksen aloittamisen kannalta

6.1 Teoria

Yksi tulevan koulutuksen moduuleista tulee alustavasti olemaan teorialuokka, jonka opettamisessa ei tarvita robottia. Tämä moduuli on tarkoitettu järjestää joko TOL:n tai asiakkaan tiloissa ja moduuli sisältää robotin turvallisuuteen ja yleiseen toimintaan liittyvää teoriaa, joka ei ole riippuvainen robotin valmistajasta. Toki myös itse robottien kanssa TAO Hervannassa annettavaan koulutukseen liittyy teoriaa, mutta se on tarkoitettu pitämään lyhyinä jaksoina robottikoulutuksen yhteydessä. Tämä teoria taas on enemmän valmistajakohtaista, sillä Fanucin ja ABB:n robottien ohjaukset ovat erilaisia.

6.2 Fanucin robotit

6.2.1 Tilat ja laitteistot

Tilojen ja laitteiden puolesta nykytilanne Fanucin robottien käyttäjäkoulutuksen aloittamisen kannalta on hyvä. TAO Hervannan tiloissa on Fanucin robotteja kolmessa eri pisteessä: oppilaitoksen koneistuspuolen työsalissa, automaatioosalissa ja valumalliverstaalla. Koneistuspuolen työsalissa oleva robotti on varustettu tarraimella, jonka avulla se pystyy siirtämään kappaleita lavalta toiselle halutussa järjestyksessä. Automaatioosalissa oleva robotti ei ole tällä hetkellä opetuskäytössä, mutta se tullaan siirtämään kahden numeerisen sorvin viereen, joita voi käyttää opetuksessa tämän jälkeen joko ilman robottia tai sen kanssa. Tällöin robottiin laitetaan sorvattujen kappaleiden käsittelyyn soveltuva tarrain. Valumalliverstaalla oleva robotti on varustettu pyörivillä työkaluilla eli esimerkiksi jyrsimellä tai poralla. Sen pääasiallinen opetuskäyttö liittyy valumallien valmistamiseen robotisoidusti.

6.2.2 Kouluttajat ja koulutusmateriaali

Fanucin robottien käyttökoulutuksen parissa työskentelee tällä hetkellä kolme opettajaa, joilla on kokemusta robottikoulutusten pitämisestä. Koulutusmateriaalia löytyy myös hyvin, mutta sen jäsentely tulevien koulutusmoduulien kannalta tarvitsee vielä tehdä. Toki nykyiselläkin materiaalilla pääsis alkuun, mutta koulutuksen moduulirakenteisuudella pyritään juuri selkeään ja rajattuun kokonaisuuteen, jonka hahmottamista kullekin moduulille suunnattu oma koulutusmateriaali edesauttaisi.

6.3 ABB:n robotit

6.3.1 Tilat ja laitteistot

ABB:n robotteja TAO Hervannassa on kahdessa eri pisteessä. Toinen piste sijaitsee lähellä automaatio-osastolla omassa huoneessaan ja toinen hitsaus- ja levypuolen työsalissa. Automaatio-osastolla oleva robotti on pienikokoinen ja usein opetuskäytössä nähtävä IRB 120 ja se on liitetty toimimaan yhdessä kuljetinradan kanssa. Robotti kuljetinratoineen on toimintakunnossa. Hitsaus- ja levypuolen salissa oleva piste ei ole valmis opetuskäyttöön kuin aikaisintaan syksyllä 2012. Kyseisessä laitteistossa oleva robotti on kytketty palvelemaan vesileikkuria ja servotoimista särmäyspuristinta, joidenka kanssa se muodostaa koulutuskäyttöön soveltuvan valmistussolun. Robotin tarkoitus solussa on ottaa kappaleita imukupilla vesileikkurilta ja laittaa ne särmäyspuristimeen taivutettaviksi ja siitä valmiiden kappaleiden pinoon.

6.3.2 Kouluttajat ja koulutusmateriaali

ABB:n robotit ovat uusi tuttavuus TAO Hervannassa. Niiden käyttökoulutuksessa on tällä hetkellä 7 opettajaa. Saamieni alustavien tietojen mukaan koulutusta ABB:n roboteilla olisi mahdollista alkaa saada loppusyksystä 2012. Koulutusmateriaalia ei vielä ole, joten sekin on tehtävä.

7 Koulutusmoduulien suunnittelu

7.1 Lähtökohta

Koulutuksen suunnittelun lähtökohtana on ollut alusta alkaen hajauttaa sekä koulutuksen tasot että osa-alueet parhaiten soveltuville tahoille. Eli koulutusta tullaan tarjoamaan koulutettavien osaamisen lähtötason mukaan kutakin tasoa parhaiten opettamaan kykenevän oppilaitoksen toimesta. Nämä lähtötasot mainitaan luvuissa 8.1 ja 8.2. Alustavasti olin jakanut koulutukseen tulevat asiat kahteen moduuliin, joista toinen on moduuli A ja toinen moduuli B.

7.2 Hyväksyntä moduuli- ja koulutusvastuujaoille

Esittelin haastattelujen perusteella tekemiäni hahmotelmia koulutusmoduuleista ja niiden sisällöistä torstaina 8.3.2012 pidetyssä palaverissa TAO:n, ASP:n ja TOL:n välillä. Paikalla oli TAO:n edustajina Jussi Koort ja Marko Laine, ASP:n edustajina Juha Lintonen, Juha Kuusisto ja Petri Virkilä ja TOL:n edustajina rehtorimme Marko Kankaanpää ja minä. ASP:n edustajille haastattelujen tulokset olivatkin ennestään tuttuja, sillä olin pitänyt heitä tietoisina työntekijöiden haastatteluprosessin aikana saaduista tuloksista lähes reaaliaikaisesti samalla keskustellen heidän kanssaan eri moduuleihin tulevista aihesisällöistä. TAO:n edustajat eivät olleet aineistoon vielä tutustuneet, mutta esiteltyäni aineiston päätimme edetä koulutuksen suunnittelussa sen mukaan niin modulaarisessa kuin sisällöllisessäkin mielessä.

7.3 Koulutuksen aloitusajankohta

Palaverissa kävimme lävitse luvuissa 6.2 ja 6.3 esittämiäni asioita koulutuksen aloittamisen kannalta ja totesimme ensimmäisen koulutuksen aikaisimmaksi mahdolliseksi ajankohdaksi vuoden 2012 loka-marraskuun. Ajankohdan valintaan vaikuttivat monet seikat. Ensinnäkin TAO:n opettajien koulutus ABB:n robottien suhteen on vielä kesken. Se loppuu kevään 2012 aikana, mutta sen jälkeen alkaa TAO:lle hankitun laitteiston toimintaan tutustuminen, mikä taas on edellytys menestyksekkäälle koulutuksen aloittamiselle syksyllä 2012 alkavia koulutuksia ajatellen. Toiseksi, materiaali niin TAO:lla kuin TOL:lla pidettäviin koulutuksiin ei ole vielä valmiina, vaan tarvitsee vielä tehdä niin TOL:lla järjestettävää teoreettista moduulia kuin ABB:n robottien käyttäjäkoulutuksiakin varten. Fanucin robotteja vartenhan materiaali jo on olemassa, mutta sitä jäsenneltäneen vielä juuri ASP:n koulutustarpeita vastaavaksi. Kolmas ja erittäin merkittävä syy on kesäloma-aika ja uuden lukukauden alkaminen elokuussa 2012. Niin TAO:n, ASP:n kuin TOL:nkin henkilökunnan jäsenet pitävät kesälomansa kesä-heinäkuun aikana, jonka jälkeen TAO:n opetuksessa aloittaa useita kymmeniä uusia metallialan opiskelijoita. Heidän opintojensa saattaminen huolella alkuun toimii pohjana menestyksekkäälle opintojen suorittamiselle ja valmistumiselle suunnitellun aikataulun puitteissa hyvän ammattitaidon omaten. Tässä TAO:n opettajien roolia ei voi vähätellä ja

ensimmäinen kuukausi uusien oppilaiden kanssa menee heidän mukaansa niin, ettei muihin asioihin juuri ole resursseja paneutua.

8 Koulutusmoduulit

Robottikoulutus on suunniteltu jaettavaksi kahteen erilliseen moduuliin, joista moduuli A sisältää perustietoja robotiikasta robotiikkaan aiemmin tutustumattomille ja moduuli B käytännönharjoitteita ja niitä tukevaa teoriaa jo robotiikan suhteen pidemmälle ehtineille henkilöille.

8.1 Moduuli A

Moduuli A on suunniteltu aiemmin robotiikasta kokemusta omaamattomien henkilöiden kouluttamiseen ja sisällön suunnittelussa on pyritty ottamaan huomioon sisällön riippumattomuus robotin valmistajasta. Tällöin opetusta voidaan järjestää laajemmallekin kuulijakunnalle kuin pelkästään ABB:n ja Fanucin robotteja käyttäville henkilöille.

Koulutukseen on tarkoitus ottaa teemoiksi robotin toimintaympäristö, turvallisuus, robotin oheis- ja ympäryslaitteet, koordinaatistot ja konenäön perusteet. Näiden asioiden ymmärtäminen teoriassa luo pohjaa aiheeseen liittyvien käytännön harjoitteiden tekoa moduulissa B.

8.1.1 Robotin toimintaympäristö

Aluksi on mielestäni hyvä tarkastella laajemmin robotiikkaa. Opetuksen tästä aiheesta voi mielestäni pitää luentomaisesti, näyttäen tarkoituksenmukaisen määrän kuvia ja videoita sekä jakaen keskustelun avulla kokemuksia aiheesta oppilaiden kanssa. Robotin toimintaympäristön tunteminen ja sen tärkeyden ymmärtäminen alkaen siitä, miksi robotiikkaa yleensäkin käytetään teollisuudessa, toimisi mielestäni hyvänä motivaation lähteenä koko koulutukselle. Laajempaa näkemystä asiaan toisi robottisolun toimintaperiaatteen ja sen merkityksen ymmärtäminen koko tehtaan tai kokoonpanolinjan kannalta. Tähän koulutuksen osaan voi laittaa koulutuksen ollessa asiakasrätälöityä enemmän tietoa asiakkaan omasta valmistusprosessista. Toimintaympäristöön liittyvä osio toimisi pohjana omaksua muita asioita.

8.1.2 Turvallisuus

Automaattisena ja voimakkaana koneena teollisuusrobotit asettavat työturvallisuudelle vaatimuksia. Robotti on Suomessakin ollut osallisena kuolemaan johtaneeseen työtapaturmaan. Robottien ja sen työaseman turvallisuutta koskee konedirektiivi ja useampikin sen kanssa harmonisoitu standardi (robotin turvaratkaisuista SFS-EN 775). Yleisesti turvallisuusvaatimukset johtavat siihen, että robottiasemat aidataan tai eristetään valorajoilla tai kosketusherkillä matoilla siten, että robotin työalueelle meneminen pysäyttää robotin (Wikipedia). ASP:lla näin on tehty ja ulkopuolisenkin silmin tarkastellen ASP:n robottien työasemat näyttivät huolellisesti suunnitelluilta ja tehdyiltä. Lisäksi työturvallisuuteen liittyvät asiat kuuluvat ASP:n perehdytysohjelmaan. Uusille työntekijöille jaetaan työsuhteen alkaessa

Henkilöstöopas-niminen kirjanen, jossa on omana lukunaan maininta koneisiin ja laitteisiin liittyvää työturvallisuustietoa, olennaisimpana informaationa lupa käyttää ainoastaan niitä laitteita, joihin on saanut perehdytyksen. Turvallisuuteen liittyvien yleisten asioiden opettamisen voi mielestäni tehdä luokassa luennoimalla käyttäen voimakkaasti visuaalista materiaalia, kuten kuvia ja videoita sekä käytännön esimerkkejä onnettomuuksista ja läheltä piti-tilanteista. Puolueetonta tietoa edellä mainituista tilanteista saa esimerkiksi Työturvallisuuskeskukselta (www.tyoturva.fi) tai Tapaturmavakuutuslaitosten liiton TOTTI-tietojärjestelmästä (www.tvl.fi). Tapaturmavakuutuslaitosten liiton työpaikkaonnettomuuksien tutkintajärjestelmässä (TOT) tutkitaan lähes kaikki työpaikoilla sattuneet kuolemaan johtaneet työtapaturmat ja niiden tutkinnan tuloksista julkaistaan TOT-raportteja, jotka mielestäni ovat hyvin havainnollista opetusmateriaalia.

Turvallisuuteen liittyen näkisin hyvänä tapana opettaa asioita laitamalla oppilaat keskustelemaan niistä joko keskenään tai opettajajohtoisesti niin, että opettaja kyselee näihin asioihin liittyvistä kokemuksista. Jos oppilailla on aiempaa kokemusta näistä asioista, vaikka ei robotiikkaankaan liittyen, syntyy keskustelun ilmituomien asioiden ja niihin mahdollisesti liittyvien kertomusten kautta usein mielle yhtymiä ja muistikuvia, jotka oppilaasta riippuen auttavat muistamaan näitä tärkeitä asioita työelämän käytännön tilanteissa.

Aineistoa tehdessä voi edellä mainittujen tahojen lisäksi kääntyä myös koulutettavien nykyisen, tulevan tai potentiaalisen työnantajan puoleen lisäaineiston saamiseksi koulutuksen täsmentämiseksi juuri tiettyä työpaikkaa ajatellen, mikäli tähän on tarvetta. Esimerkkinä tällaisesta aineistosta voivat olla valokuvat, videot tai vaikka työpaikalta asiasta luennoimaan pyydetty henkilö. Sisällöllisesti tärkeimpiä asioita on opettaa oppilaat tunnistamaan ja ymmärtämään erilaisten robotin turvallisuuteen liittyvien laitteiden, kuten turvahäkin ja sen sisälle ja siitä ulos liikkumiseen vaadittavien toimenpiteiden, valoverhon ja varsinkin hätäseis-painikkeen käyttö. Samoin opetuksessa on huomioitava turvahäkin sisällä tapahtuvien toimien, kuten robotin käsiajoon liittyvän akseleiden vapauttamisen, vaatimien turvallisuusnäkökohtien esittäminen. Nämä toimet liittyvät usein poikkeustilanteisiin robotin toiminnassa, kuten esimerkiksi sellaiseen tilanteeseen, jossa robotin kourasta on tippunut kokoonpantavaan laitteeseen asennettava osa, ja työntekijän pitää mennä joko laittamaan osa itse paikoilleen tai saada robotti tekemään työvaihe uudestaan.

8.1.3 Robotin oheis- ja ympäryslaitteet

Robotin oheis- ja ympäryslaitteiden tunteminen työskennellessä tai valmistauduttaessa työskentelemään robotisoidussa ympäristössä on välttämätön asia. Ilman näitä laitteita robotti on vain kuudella vapausasteella varustettu heiluva varsi, josta ei ole mitään käytännön hyötyä. Oheislaitteista yleisimpiä ovat erilaiset kappaleesta kiinni pitämisen mahdollistavat laitteet, kuten koura, magneetti ja imukuppi. Lisäksi robottiin voi liittää suuren valikoiman työkaluja, joilla se voi muokata itse kappaletta. Näihin laitteiden toimintaperiaatteisiin, tarkoitukseen, käyttöön ja huoltoon tutustuminen kuvin ja videoin sekä esimerkiksi yritysvierailuilla olisi mielestäni käytännönläheisin keino opettaa asiaa oppilaille. Tietty määrä kuvia voi olla liitettynä itse oppimateriaaliin, osa taas voi olla opettajan opetusmateriaalissa, josta opettaja

kuvia näyttäessään voi herättää oppilaiden kesken keskustelua pyytämällä heitä mahdollisesti tunnistamaan kyseinen laite ja pohtimaan sen käyttötarkoitusta. Lisäksi esimerkiksi ASP:n tapauksessa käytettävissä on valmistussolukohtaisia asetuskortteja, joista näkee muiden tietojen lisäksi tietoja tarttuvien ja työkalujen vaihdosta ja huollosta, joten esimerkiksi tällaista asetuskorttia voidaan käyttää esimerkkinä. Oheis- ja ympäryslaitteista kertovaan osioon on syytä mielestäni liittää myös tietoa robotin ja sen oheis- ja ympäryslaitteiden välisestä keskustelusta ja miten se on mahdollista robotin sähköisten tulo- ja lähtöporttien ja ohjelmoitavien logiikoiden avulla. Lisätietoa robotin oheislaitteista löytyy liitteestä 3.

8.1.4 Koordinaatistot

Koordinaatistot voisivat olla sisältyä johonkin kolmesta edellä mainituista aiheesta, mutta näen eriyttämisen omaksi aiheekseen selkeyttävän asian ymmärtämistä. Koordinaatistoista saisi tehtyä pitkänkin esitelmän ja sen voisi esittää hyvin monimutkaisesti, mutta se tuskin palvelisi oppilaita, joiden kynnystä käyttää robottia tulevaisuudessa koulutuksella koetetaan madaltaa. Lisäksi aiheen löytyessä helposti koulutusmateriaalista omalla otsikollaan on siihen liittyvää tietoa myöhemmin nopeampi hakea. Koordinaatistoihin liittyvään koulutusmateriaaliin kannattaa liittää runsaasti kuvia erilaisten koordinaatistoihin kuuluvien käsitteiden ja koordinaatistotyyppien selventämiseksi oppilaille ja pahitteeksi tuskin on, mikäli opettaja niitä itsekin piirtää ja selittää asiaa samalla.

8.1.5 Konenäön perusteet

Konenäköjärjestelmiä käytetään nykyisin monilla eri teollisuuden aloilla, joista niitä käyttäviä sovelluksia löytyy erilaisista prosesseista. Konenäkö on korvannut ihmisoperaattorin monissa inhimillisen näkökyvyn ja tiedonkäsittelykyvyn ylittävissä, aikaa vievissä, yksitoikkaisissa ja vaarallisissa tehtävissä. Lisäksi tuotteen koordinaatit voidaan määrittää konenäön avulla, ja juuri tätä menetelmää ASP:lla käytetään luodessa informaatiota manipulaattoreina toimivien robottien ohjaukseen kappaleen käsittelyä varten. Konenäköjärjestelmien käyttö tulee ASP:n Kari Lyytikäisen mukaan vielä entisestään lisääntymään, jonka lisäksi konenäköä ja erilaisia ympäristöään sensoreilla havainnoivia laitteita tullaan käyttämään muun muassa korvaamaan robottien ympärille rakennettuja suoja-aitoja. Tällaisten asioiden huomioiminen koulutuksessa on mielestäni katsomista suomalaisten metalliverstaiden tulevaisuuteen ja on riippumatonta robotin, sekä sen oheis- että ympäryslaitteiden valmistajasta. Tämän osion opetuksessa on mielestäni olennaista saada oppilaat ymmärtämään teoreettiset perusteet konenäköjärjestelmän toiminnasta, sen olennaisimmista osista ja antaa tietoa, kuinka oppilaat tulevaisuuden työssään mahdollisesti konenäköjärjestelmiä käyttäessään voivat omalta osaltaan edesauttaa järjestelmän tehokasta toimintaa sitä operoidessaan tai ohjelmoidessaan. Näiden asioiden opettamiseksi tehtävän oppimateriaalin osion tarvitsee sisältää riittävä määrä selkeää, kuvien tukemaa teoretietoa ja lisäksi videomateriaalia kyseisten järjestelmien toiminnasta. Muita vastaavia oppimateriaalikokonaisuuksia tehdessäni olen huomannut, että tällaisten järjestelmien valmistajat ja toimittajat antavat oppilaitosten käyttöön materiaalia

mielellään, toki varmasti toivoen, että opiskelijoiden tuodessa yrityksiin uutta osaamista ja uusia ajatuksia nämä mahdollisesti myöhemmin tultuaan opiskeluaikoina tutuiksi laitteistojen tai materiaalien kanssa, suosisivat näiden toimittajien tuotteita.

8.1.6 Tiedollisen oppimisen mittaaminen

Opetuksen lopuksi olen suunnitellut pitäväni aiheeseen liittyvän kokeen. Kokeeseen tuskin kannattaa tehdä kovin soveltavia tehtäviä, koska uskon esimerkiksi käsitteiden ja turvallisuusseikkojen ulkoa muistamisen olevan tärkeämpää ja palvelevan oppilasta itseään, mikäli ne ovat selkeästi esitettyjä ja jäävät oppilaan muistiin.

8.1.7 Yhteenveto moduulin A pedagogisista ratkaisuista

Teoria on teoriaa, mutta senkään opettamisesta ei saa tehdä yksitoikkoista. Monet TOL:n käyneistä oppilaista pitävät haasteista ainakin työssään, mutta monien asioiden opettamisen kohdalla he ovat silti saattaneet kysyneet eräältä kollegaltani, että miksi asiaa ei ole opetettu, jos hän ei ole luennoinut jostain tietystä aiheesta vaan jättänyt sen itsenäisen opiskelun, ryhmätöiden tai tutkivan oppimisen tehtäväksi. Vaikka näin onkin, niin silti mieltäisin oppilaiden stimuloimista yhä uudelleen ja uudelleen pistämällä heidät itse töihin. Moduulille A olemme TOL:ssa suunnitelleet varaavamme aikaa maksimissaan yhden päivän. Tätä ajatellen koulutusmateriaalin tulisi olla sellainen, että se sisältää selkeää tietoa opituiksi haluttavista asioista ja tukee luennointia, mutta tarvittaessa myös itsenäistä työskentelyä. Vertailukohtana tälle voisin pitää trukikoulutuksen pitämistä kahdelle eri kohderyhmälle, esimerkiksi omille oppilaillemme ja VTT:n henkilökunnalle. Omille oppilaille luennoidessa en oikein tahdo saada keskustelua aikaiseksi edes riisumalla kenkää jalastani ja näyttämällä trukikionnettomuudessa itse ruhjomaani jalkaa. VTT:n henkilökunnalle pitämässäni koulutuksessa minun ei tarvinnut edes ottaa kenkää jalastani, koska keskustelua ja kysymyksiä sateli riittämiin pelkän kerronnan myötä. Useimmiten toisen asteen koulutuksen omaavien oppilaidemme ja heitä korkeammin koulutettujen VTT:n edustajien välillä on sekä iästä että oppimistottumuksista johtuvia eroja. Ensin mainitut ovat tottuneet enemmän tekemällä oppimiseen, jälkimmäisille taas pitkätkin ajanjaksoet teoreettisten asioiden parissa ovat tuttuja eivätkä aiheuta turhautumista. Tämä sama asia pitää mielestäni huomioida myös robottikoulutusta ja sen materiaaleja suunniteltaessa. Käytän trukikoulutuksen teoriaosuudessa näitä moduulin A eri osioissa mainittuja metodeja, videoita, esimerkkejä ja keskustelua. Uskon niiden toimivan myös robottikoulutuksen teoreettisemmassa osiossa, mutta opettajan pitää tuki kuulostella hieman oppilaitaan ja sen myötä katsoa, kuinka luentomaisesti hän lähtee aihetta opettamaan.

8.2 Moduuli B

Moduuli B on suunnattu jo moduulin A tai vastaavat tiedot joko opetuksesta tai käytännöstä omaavien henkilöiden kouluttamiseen ja painottuu lyhyisiin teoriajaksoihin ja heti niitä tehtäviin käytännön harjoitteisiin.

Koulutus moduulissa B jakautuu sekä TAO:lla annettavaan teoriaan ja käytännön harjoitteisiin että ASP:lla tapahtuvaan jatkuvaan työssä oppimiseen, mihinkä TOL:n ja TAO:n antamien koulutusten jälkeen pitäisi olla paremmat edellytykset. TAO:lla tapahtuvaan koulutukseen on tarkoitus ottaa teemoiksi robottisolun päivittäinen käyttö, kappaleen vaihtoon liittyvät toimenpiteet, paikoitukset ja ohjelman teko.

8.2.1 Teoreettinen tausta moduulin B opetukselle

Moduulin B opetus on taitojen opetusta, jossa teorian osuus on hyvin vähäinen. Teorian opetuksen täytyy tukea itse taidon oppimista. Teoreettinen tieto robotin toiminnoista siis pitää pystyä muuttamaan taidoksi eli robotin toimintojen aikaansaamiseksi. Teorian ja sitä tukevan lisäinformaation täytyy löytyä TAO:n tehtäväksi tulevasta moduulin B koulutusmateriaalista.

Oman leimansa ammatilliselle didaktiikalle antaa tämä teoriaopetuksen ja työnopetuksen niveltämisen ongelma. Koulutuksen tavoitteena on ammattitaidon saavuttaminen tai sen kehittäminen. Tähän ei päästä yksin teorian opetuksen avulla, vaan rinnalla tarvitaan käytännössä tapahtuvaa opetusta ja harjoitusta. Nämä yhdessä muodostavat kiinteän didaktisen kokonaisuuden, jonka tarkoituksena on muovata oppilaan oppimiskäyttäytyminen vähitellen ammattitaidoksi. Ammattikasvatuksen didaktiikassa pääpaino on oppilaan taitojen kehittämisessä, kun se esimerkiksi yleissivistävässä opetuksessa on ensisijaisesti tiedollisella alueella. Tämä seikka puolestaan kohdistaa mielenkiintomme ennen kaikkea opetuksen toteuttamiseen. Yksi tapahtuman keskeisiä näkökohtia on opetustilanteen järjestelyn problematiikka, jonka ydinkysymyksiä ovat miten teoria ja käytäntö tarkoituksenmukaisimmin yhdistetään sekä miten työsuorituksen luonteenomaisimmat piirteet saatetaan oppilaiden havaittaviksi (Suonperä 1979, 25).

Joskus kuulee harhaanjohtavan väitteen, että taitoja oppii parhaiten mallia seuraamalla. Jos tämä väite pitäisi paikkansa, voisimme oppia taitaviksi viulisteiksi kuuntelemalla ja katselemalla riittävän pitkään jonkun mestarin soittoa ja ottamalla sitten viulun kouraan ja tekemällä mallin mukaan. Tulos olisi huono, elleimme ennestään hallitsisi viulunsoiton tekniikkaa. Miten sitten taitoja opitaan? Tärkein ohje on: omakohtaisen harjoittelun avulla. Opittavan tehtävän ja oikean suoritustavan kuvaamiseksi sekä koulutettavan sisäisen toimintamallin kehittämiseksi mallin näyttäminen saattaa olla hyväkin keino. Samaan päästään muun muassa simulaattorien sekä kuvallisten ja sanallisten kaavioiden avulla (Peltonen 1987, 29).

Koulutuksen järjestämisessä voisi käyttää tätä yksilöllisen harjoituksen perusmallia:

- 1) Opittavan taidon analysoinnissa
 - a. Tavoitteena on, että koulutettavalle muodostuu sisäinen kuva taidosta, joka hänen on opittava.
 - b. Koulutettava käy mielessään läpi suorituksen.
 - c. Kouluttaja tarkistaa koulutettavan sisäisen kuvan kelvollisuuden.

- 2) Koulutettava tekee taidon edellyttämän suorituksen.
- 3) Koulutettava saa välittömästi palautteen sekä omien havaintojensa avulla oman suorituksen ja tavoitekuvan vertailusta että tarpeen mukaan kouluttajalta.
- 4) Oikeata suoritusta vahvistetaan ja mahdolliset virheet korjataan.
- 5) Koulutettava jatkaa harjoitusta, kunnes tavoitetaso on saavutettu.

Harjoitus on yleensä syytä jaksotella. Silloin väliaikana voi analysoida suorituksiaan ja käydä läpi työn vaiheita pyrkien siten parantamaan sisäistä kuvaa suorituksesta (Peltonen 1987, 31–32).

Toinen tapa on käyttää demonstraatiota, joka perustuu mallioppimisen teoriaan. Demonstraatio tarkoittaa suorituksen, toiminnan tai materiaalin mahdollisimman konkreettista ja havainnollista esittämistä oppilasjoukolle. Menetelmää kutsutaan osuvasti myös havaintoesitykseksi. Tämän vuoksi näyttäminen ja esittäminen tai molemmat yhdessä on suoritettava käyttäen sellaista sosiaalimuotoa, että jokainen oppilas kykenee tekemään havaintoja opetettavasta asiasta. Tämä saadaan toteutettua tarpeeksi pienellä ryhmäkoolla ja järjestelemällä ryhmä niin, että se pystyy havainnoimaan opetusta selkeästi. Toinen perusvaatimus on se, että opettaja on tukeakseen havaintojen tekemistä selostettava keskeisiä yksityiskohtia ja koetettava toistaa niitä esityksensä aikana (Suonperä 1979, 156). Koska kyseessä on työn opettaminen, niin voidaan käyttää suoritusedemonstraatiota. Tämä voidaan viedä läpi joko induktiivisesti tai deduktiivisesti. Induktiivisessa menetelmässä työsuoritus näytetään vaiheittain, toistetaan riittävästi kutakin vaihetta ja havainnollistetaan vaikean ominaispiirteitä. Deduktiivisessa menetelmässä näytetään suoritus yhtäjaksoisesti tarkoituksena turvata suorituksen kokonaiskuvan havaitseminen. Suoritusedemonstraation yhteydessä tapahtuva selostaminen voi tarpeen mukaan tapahtua seuraavilla tavoilla:

- 1) Opettaja näyttää ja selostaa
- 2) Opettaja näyttää ja oppilas selostaa tai
- 3) Oppilas näyttää ja selostaa.

Demonstraation onnistuminen riippuu ratkaisevasti siitä, miten hyvin opetussisältö on jäsennelty ja miten tarkoituksenmukainen tilojen, välineiden ja materiaalien järjestely on (Suonperä 1979, 156).

Seuraavissa luvuissa mainitut sisällöt pyritään opettamaan oppilaille edellä kuvatulla tavalla.

8.2.2 Robottisolun päivittäinen käyttö

Robottisolun päivittäisellä käytöllä tarkoitetaan niitä toimintoja, joita työntekijöiden on kyettävä suorittamaan solun pitämiseksi toiminnassa. Näihin kuuluu solun ja robotin käynnistäminen ensimmäistä kertaa tai uudestaan, robotin kohtaaminen ongelmatilanteiden ratkaiseminen ja ohjelman sisällä liikkuminen. Solun ja robotin käynnistämistä voi toki harjoitella TAO:lla, mutta sen varsinainen opettelu voi tapahtua vain työssä oppimisena, sillä niin TAO:n kuin ASP:nkin solut eroavat toisistaan niin merkittävästi, että joka tapauksessa

solukohtainen perehdyttäminen tämän asian oppimiseksi on lähes pakollista. TAO:n osuudeksi tässä tulisi ensin selittää oppilaille sekä oman solunsa toiminta että käynnistys työsalissaan ja tämän jälkeen antaa oppilaiden tehdä se itse ensin opettajan ohjaamana ja sitten itsenäisesti.

Toisena kokonaisuutena olisi opettaa oppilaita selviämään robotin mahdollisesti kohtaamista erilaisista ongelmatilanteista. Tässä osiossa oppilaita tulisi ohjata ymmärtämään robotin ohjelmistokieltä ja yleisimpiä liikekäskyjä sekä kommunikointia niin oheis- kuin ympäryslaitteidenkin kanssa. Näin oppilaat saadaan ymmärtämään, mitä robotti on tekemässä ja mitä hänen itsensä tulee tehdä saattaakseen solun jälleen toimintaan. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että oppilas ymmärtää ja osaa soveltaa opetuksessa annettuja tietoja niin, että hän osaa esimerkiksi asennushäiriöiden tai robotin oheis- ja ympäryslaitteita rikkomattomien törmäysten tapahduttua liikkuu robotin ohjelmassa niin eteenpäin kuin taaksepäinkin joko palauttaakseen robotin häiriötä edeltävään tai sen jälkeiseen tilaan. Asennushäiriö on esimerkiksi tilanne, jossa robotin ruuvaama ruuvi ei lähde kierteille tai robotin tarttujalla asentama osa ei asetu paikoilleen kokoonpantavassa laitteessa.

Käytännön opetustyön kannalta järjestäisin asian niin, että aineistossa, jonka tulee olla robotin valmistajasta riippuvainen, on sanasto yleisimmille ohjelmistokielen ja liikekäskyjen merkityksille ja perusohjeet niiden soveltamiseen. Käytännön harjoitteet asiasta järjestäisin niin, että kävisin ensin asian lävitse lyhyesti teoriassa oppilaiden kanssa ja sen jälkeen siirtyisin käytännön esimerkin pariin, jossa simuloisin esimerkiksi kappaleen tippumisen robotin tarttujasta ja tilanteesta toipumisen. Käytännön esimerkki tulisi suorittaa niin, että opettaja itse näyttää alkuun, mitenkä homma toimii selittäen samalla ja sen jälkeen kukin oppilas vuorollaan tekisi saman kykyjensä mukaan itsenäisesti tai sitten joko opettajan tai muiden oppilaiden avustamana.

Oman kokemuksen mukaan tällainen käytännön työssä toisten avustaminen ja yhdessä toimiminen on tehokas tapa oppia ja opastaja usein oppii itsekkin. Tämä menetelmä loisi pohjaa jatkaa tätä käytäntöä myös työelämässä niin samalla kursilla olleiden kuin muidenkin työntekijöiden kanssa.

8.2.3 Paikoitukset

Yksi koulutuksen olennaisimpia asioita on oppia muuttamaan niitä pisteitä, joista robotti esimerkiksi hakee uusia kappaleita syötettäväksi työstökoneeseen tai mihinkä se laittaa ne työstökoneesta ottamisen jälkeen paikoilleen. Tätä toimenpidettä kutsutaan paikoittamiseksi. Syy tämän taidon tärkeyteen on, että esimerkiksi hammaspyöräaihiot eivät moottorien kehityksessä tapahtuneiden muutosten vuoksi aina mahdu sille samalle alustalle, miltä robotti on aiemmat versiot ottanut tai ainakin niiden sijaintia alustalla pitää muuttaa. Toinen syy tähän on, että robottien tarttujissa olevissa tarttujissa on erilaisia leukoja käsiteltävästä kappaleesta riippuen. Jos paikoitus ei ole kohdallaan, niin robotti saattaa osua tarraimella kappaleeseen, sen alustaan tai muihin koneisiin kovalla voimalla ja suurella liikenopeudella aiheuttaen ainakin materiaalisia vahinkoja. Paikoitukset tapahtuvat usein myös kolmiulotteisesti, eikä pelkästään kuten šakkinappuloiden siirteleminen, kahdessa eri

ulottuvuudessa laudan pintaa pitkin. Tällöin on huomioitava myös kappaleen aseman muuttuminen korkeussuunnassa, sillä käytännössä myös kappaleiden paksuudet vaihtelevat ja useimmiten osia, niin aihioita kuin valmiitakin, kasataan monta kerrosta päällekkäin lavalle. Tällöin osien väliin laitetaan ohut MDF-levy, jonka robotti saa nostettua edellisen kerroksen päälle tai siitä pois imukupilla. Myös robotin tarraimen leukojen pituus vaikuttaa ulottuvuuden muutoksiin. Tässä osiossa oppilaat tulee saada ymmärtämään koordinaatiston toimintaa käytännössä siten, että opetusmateriaali tukee asian ymmärtämistä ja siitä saa tukea paikoitusten tekemisen harjoitteluun. Jälleen kerran lähtisin liikkeelle edellisessä luvussa ja teoriassa mainittuja metodeja käyttäen. Koulutus voidaan suorittaa käyttämällä esimerkiksi paineilmatoimisella imukuppitarttujalla varustettua robottia, jolla robotti saadaan nostamaan haluttu kappale pisteestä A pisteeseen B, eli paikoittamaan se uudelleen. Koulutus kannattaa aloittaa opettamalla oppilaat liikuttelemaan kappaleita kaksiulotteisessa koordinaatistossa ja sen jälkeen siirtyä kappaleiden käsittelyyn kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Kaksiulotteista paikoittamista opeteltaessa harjoituskappaleina voisi käyttää esimerkiksi muovilevystä tehtyjä kiekkoja, joihin imukuppi tarttuu hyvin. Siirryttäessä kolmiulotteiseen kappaleiden käsittelyn harjoitteluun voidaan imukupilla nostaa kaksiulotteisesti sijoiteltujen kiekkojen päälle joko käsittelyalustan kokoinen muovilevy muodostuneen kuorman vakavoittamiseksi tai sitten jatkaa kiekkojen kasaamista toisten kiekkojen päälle. Kummassakin tapauksessa pisteet kaksiulotteisessa koordinaatistossa voivat olla samoilla paikoilla, mutta syvyysuunnassa pisteisiin joutuu tekemään muutoksia. Pisteitä ja harjoiteltavia ladontakuvioita voi olla useampi, riippuen koulutettavien osaamistasosta ja käytettävissä olevasta ajasta, johonka TAO:n kouluttajan tarvitsee siis kiinnittää huomiota. Mikäli nämä edelliset eivät muodostaisi rajoitteita, niin sitten robotin ulottuvuus ja käytettävissä oleva tila tekisivät niin. Tällainen paikoitusten teon harjoittelu vastaa ASP:lla tekemieni havaintojen ja TAO:lla käytössä olevien laitteiden puitteissa parhaan mahdollisen tuloksen käytännön työn kannalta.

8.2.4 Ohjelman teko

Paikoitusten teon ja ohjelmoinnin välillä on yhtäläisyyksiä, sillä onhan osa ohjelmointia opettaa robotille niitä pisteitä, joiden kautta se liikkeitään suorittaa. Tämän koulutuksen tapauksessa näkisin ohjelmoinnin kumminkin jalostuneempana toimintana, jolla ohjataan robotin toimintaa syvemmällä tasolla kuin pelkästään osien koordinaatistopisteiden muutosten muodossa. Käytännössä uuden ohjelman teko tulee kyseeseen silloin, kun käsiteltävissä kappaleissa olevat muutokset ovat niin olennaisia, että pelkät kappaleiden koordinaatistopisteiden muutokset eivät enää riitä. Tähän liittyy myös uusien liikkeiden ja ratojen ohjelmoiminen, joista varsinkin ne liikkeet, joissa robotin kaikki akselit eli vapausasteet ovat yhtä aikaa käytössä, ovat kaikkein vaativimpia. Näitä liikkeitä joudutaan useasti tekemään ohjelmaan, kun on pitää saada robotti asettamaan esimerkiksi hankalan muotoinen kappale pieneen tilaan niin, että robotti joutuu sinne päästäkseen tekemään kolmiulotteista liikerataa ympäristön objekteja väistelllessään. Kyky tällaisten liikkeiden tulkintaan, muokkaamiseen ja luontiin ovat jo osoitus korkeamman tason ymmärryksestä robotin toiminnasta, oli robotti merkiltään mikä hyvänsä. Ohjelmoinnin opettamisen suhteen tarvitseekin palata luvussa 3.3.2 esitettyyn aiheeseen eli rajanvetoon konepalvelun ja koneistajien tekemien toimenpiteiden väliin. Jos näiden tahojen väliset vastuut ja valtuudet menevät sekaisin, niin seurauksena voi olla, että asiaa kunnolla

osaamattomien ohjelmoijien tekemien ohjelmien toiminta aiheuttaa törmäyksiä robotin ja sen ympäryslaitteiden kanssa. Toinen vaihtoehto on, että tulee myös muita ohjelmiston toimimattomuudesta johtuvia seisokkeja, jos ohjelmasta esimerkiksi puuttuu jokin olennainen liikekäsky tai keskustelurivi työstökoneen kanssa. Näiden asioiden vuoksi jättäisinkin sekä TAO:n että ASP:n harkintaan, pystytäänkö tällaisia asioita annetun aikataulun puitteissa opettamaan, opetetaanko niitä yrityksen sisäisesti uusia konepalvelun työntekijöitä tai ”luottokoneistajia” koulutettaessa vai suunnitellaanko näitä taitoja varten oma koulutusohjelmansa joko koulujen tai robottivalmistajien järjestämiksi.

Välituotoksen arviointitilaisuudessa 24.2.2012 minulle esitettiin ehdotus käyttää robotiikan opetuksessa robotin käsiohjaimen näytön heijastamista valkokankaalle VGA-näytön avulla. Kysyin asiaa sekä ASP:n että TAO:n edustajilta, koska olen avoin erilaisten uusien opetusmetodien käyttämiseen ja mielestäni kaikkia havainnollistavia opetusmenetelmiä ainakin kannattaa harkita ja arvioida niiden soveltumista opetuskäyttöön. Ajatus ei itsessään saanut vastakaikua, sillä sekä ASP:n että TAO:n edustajat toivat ilmi halunsa suorittaa opetus pienemmissä ryhmissä, joissa koulutettavien ja kouluttajan välillä on jatkuva läheinen yhteys koulutuksen aikana ja opetus on intensiivisempää esimerkiksi robotin käsiohjaimen käytön kannalta.

8.3 Moduulin B työssä opittavia asioita

Räätälöidystikään työelämään suunniteltu koulutus ei edes hyvin suunniteltuna ja järjestettynä todennäköisesti pysty huomioimaan kaikkia niitä asioita, joita käytännön työelämä, tässä tapauksessa robottisolun operointi, vaatii. Siksi olen lisännyt tähän kehityshankkeeseen myös niitä asioita, joita moduulin B TAO:lla käyneille oppilaille tulisi vielä mielestäni opettaa työpaikalla, joko osana moduulia B tai sitten muuten perehdytyksen yhteydessä. Se, opetetaanko niitä kummallakaan tavalla, jää tässä vaiheessa ASP:n päätettäväksi. Asioita ei ole paljoa, mutta koska kyseessä on kehityshanke, niin asioita voi koulutuksen kehittyessä joko lisätä tai poistaa. Esiteltävät koulutuskohdeet perustuvat TET-jaksoni aikana tekemiini havaintoihin ja muistiinpanoihin keskusteluista työntekijöiden ja konepalvelun edustajien kanssa.

8.3.1 Päivittäiset huoltotoimenpiteet

Robotit itsessään ovat hyvin huoltovapaita ja toimintavarmoja laitteita, mutta niiden oheislaitteiden, kuten tarttujien tarrainleukojen puhtaudesta ja toimintakunnosta, huolehtiminen on tärkeä osa robottisolun työntekijän ammattitaitoa. Tällaisia asioita on hankala opettaa teoriassa niissä esiintyvien suurien työpaikka- ja solukohtaisten vaihteluiden vuoksi. Perehdyttäjän tai työpaikalla koulutuksesta vastaavan henkilön tulisi näitä asioita opettaessaan käydä oppilaansa kanssa esimerkiksi robotin tarttujien puhtauden ja mekaanisen kulumattomuuden merkitystä paikoitustarkkuuden tai otteen saamisen kannalta ja samoin perehdyttää oppilasta robotin ympärillä olevien mittalaitteiden ja niihin asetettavien osien puhtauden merkityksestä osien paikoitustarkkuutta ajatellen.

8.3.2 Toimenpiteet valmistettavien nimikkeiden vaihtuessa

Koska valmistettavien osien muodot ja mitat vaihtelevat, niin robotti ei saa niistä kaikista samoilla tarraimen leuoilla kiinni. Useimmin osan vaihtuessa tai tarraimen leuan kuluessa leuat joudutaan vaihtamaan, joten taito vaihtaa ne ja paikoittaa robotti oikeaan asemaan koordinaatistossa vaihdon jälkeen on mielestäni myös yksi olennaisimmista opetettavista asioista. Toinen nimikkeiden vaihdon yhteyteen liittyvistä opetettavista asioista on osakohtaisen ohjelman hakeminen robottiin. Aina ei tarvitse osata ohjelmoida robottia, koska sille todennäköisesti löytyy valmistettavaa osaa varten jo valmiskin ohjelma kaikkine kommunikointineen työstökoneen ja muiden ympäryslaitteiden kanssa, mutta ohjelman hakeminen robottiin yrityksen verkosta ja sen toimintaan saattaminen on ehdottomasti osa robottisolun käyttäjän ammattitaitoa. Solukohtaisen perehdyttämisen puolesta puhuu myös se, että ASP:lla saattaa olla solukohtaisia eroja ohjelman vaihdossa.

8.3.3 Käsiäjo työpaikan robotilla

Koulu on hieno paikka harjoitella lähes laboratoriomaisessa ympäristössä robotin käsiäjoa ja ohjelmointia, mutta näin saatu opillinen anti täytyy saada tuotua myös käytännön työelämään. Kuten kehityshankkeessa on aiemmin mainittu, niin osa työntekijöistä on hyvinkin tuttuja robotin käsiäjon kanssa, osa taas arastelee asiaa. Kuitenkin koulutuksen lopullisen hyödyn mittaaminen realisoituu siinä vaiheessa, kun nähdään se, kuinka koulutettu pystyy käyttämään opetettua taitoa käytännössä. Koulussa robotin ajamiseen esimerkiksi opettajan demonstraation jälkeen ei yleensä ole suurta kynnystä, mutta entä kun pitäisi ajaa sitä oman työpisteen robottia? Tässä mielestäni auttaisi parhaiten se, että yrityksessä, niin ASP:lla tai muualla, nähtäisiin vaivaa myös työpistekohtaisen robotin ajamisen suhteen. Tämä on tarpeellista osittain myös siksi, että osa ASP:n roboteista on vanhemmalla ja osa uudemmalla ohjelmistolla ja käsiohjaimella varustettuja, kun taas TAO:n roboteissa on vain uudemmat ohjelmistot ja käsiohjaimet. Jos koulutus kaiken kaikkiaan on kipuamista korkeammalle tiedon ja osaamisen tasolle, ikään kuin kiipeäisi majakan päälle katsomaan valon tuomaa parempaa näkymää, niin tämä solukohtaisen käsiäjon opetteleminen on todennäköisesti ne viimeiset portaavat ennen huippua, ne missä tuulee kaikista eniten ja mistä kääntyminen alaspäin vielä houkuttaa. Jos niiden ympärille saataisiin rakennettua ohjauksellista tuulensuojaa, niin useamman oppilaan perillepääsy helpottuisi huomattavasti.

8.4 Moduulien A ja B vertailu toisen asteen metallialan koulutusten sisältöihin robotiikan opetuksen suhteen

Asiakastarpeeseen perustuva koulutus pitää pystyä myymään eli sen tarve pitää konkreettisesti pystyä perustelemaan potentiaaliselle asiakkaalle. Vaikka koulutustarpeita yrityksen sisäisten kyselyiden perusteella löydettäisiinkin, niin on tervettä verrata, kuinka kyseistä koulutusta on tarjolla niissä oppilaitoksissa, joissa yrityksen työntekijät ovat todennäköisimmin aiemmin opiskelleet.

Lähteenä tällaisen tiedon hankintaan käytin opetushallituksen Internet-sivuja, joista löytyy linkki kone- ja metallialan perustutkinnon perusteet esittelevään aineistoon (http://www.oph.fi/download/125257_KoMe.pdf). Tästä aineistosta löytyy haettaessa tietoa hakuehdolla "robot" yhteensä 59 mainintaa. Tämä hakuehto mahdollistaa kaikkien robottisanan eri johdannaisten löytymisen aineistosta. Pakollisena robotteihin liittyvää tietoutta on ainoastaan kohdan 4.3 eli automaatiotekniikan ja kunnossapidon koulutusohjelmassa kohdassa 4.3.4 eli CNC-koneiden ja robottien kunnossapito, jossa robotteihin liittyviä mainintoja oli 19 kohdassa. Loput maininnat löytyivät kohdan 4.5 eli kaikille valinnaisten tutkinnon osien alta seuraavasti:

- 4.5.2 Koneautomaation asennus, 10 opintoviikkoa: 5 mainintaa.
- 4.5.8 Ohjausjärjestelmien asennus, 10 opintoviikkoa: 2 mainintaa.
- 4.5.17 Levy- ja hitsausalan CNC-valmistus, 10 opintoviikkoa: 12 mainintaa.
- 4.5.20 Mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus, 10 opintoviikkoa: 18 mainintaa.
- 4.5.30 FMS-järjestelmien käyttö, 10 opintoviikkoa: 3 mainintaa.

Näistä kohta 4.5.30 eli FMS-järjestelmien käyttö vastaa parhaiten ASP:n tarpeita. Mikäli oppilas on tällaisen valinnaisen kurssin suorittanut riittävän hyvällä arvosanalla, niin tällöin koulutukseen osallistumista voisi työntekijän omasta osallistumishalusta huolimatta harkita uudelleen, tai ainakin rajoittaa se moduuliin B, mikäli oppilas vielä kokee tarvitsevänsä opetusta robotin käytöstä juuri ASP:lla työskentelyä ajatellen. Perusteena työntekijän moduulista A pois jättämiselle olisi tällöin se, että FMS-järjestelmien käytöstä kurssin 4.5.30 suorittanut oppilas varmasti on jo mitä oletettavimmin omaksunut moduulin A sisältämän teoreettisen tiedon. Kurssin 4.5.30 sisällöstä on maininta liitteessä 5.

9 Yhteenveto

Kehityshanketta tehdessäni huomasin, että suunniteltaessa koulutusta yrityselämän tarpeita varten on ensiarvoisen tärkeää tehdä pohjatyö hyvin. Tässä tapauksessa pohjatyö oli jalkautuminen siihen maailmaan Agco Sisu Powerille, missä tai minkä kaltaisessa koulutettavat työskentelevät tai tulevat työskentelemään. Useita asioita olisi jäänyt huomaamatta ilman lukuisia haastatteluja, joita sain työntekijöilleen ja heidän esimiehilleen tehdä.

Haastattelut olivat tärkeitä myös pedagogisen puolen ratkaisujen suunnittelun kannalta. Niin koulutusmoduuliin A kuin B valitut kokonaisuudet on valittu pitkälti niiden perusteella, mutta kuunnellen myös Agco Sisu Powerin konepalvelun ja TAO:n henkilöiden mielipiteitä. Käytetyt menetelmät ja kurssien koot ja kestot ovat myös asiakaslähtöiseltä pohjalta suunniteltuja.

Uskon koulutuksesta olevan koulutettaville, heidän työnantajilleen ja mukana oleville oppilaitoksille suurta hyötyä lisääntyvän osaamisen ja yhteistyön merkeissä. Kun työnantajani Tampellan Teollisuusoppilaitoksen muut osakasyritykset ovat kuulleet kehitteillä olevasta koulutuksesta, myös heidän mielenkiintonsa koulutusta kohtaan on kasvanut, joten voi hyvinkin olla, että teemme vastaavia koulutuspaketteja myös näille sekä muillekin yrityksille. Tähän toki vaikuttaa parikin asiaa. Ensimmäiseksi se, kuinka kehityshankkeen kohteena ollut koulutus alkaa sujua ja toiseksi se, mitä robottimerkkejä koulutusta haluavalla taholla ja koulutusta antavilla oppilaitoksilla on käytössään. Robottimerkkejähän maailmasta löytyy: ABB, Fanuc, KUKA, Motoman, OTC, IGM ja Cloos, näin muutama mainitakseni. Tämän kehityshankkeen myötä voimme vastata vain ABB- ja Fanuc-merkkisten robottien koulutustarpeisiin. Jatkon ja eri oppilaitosten yhteistyön kannalta tärkeä ja mahdollisuuksia lisäävä asia on myös oppilaitoksemme kuulumisen CAM Forum-nimiseen Pirkanmaan kone- ja metallituoteteollisuusalan yritysten sekä oppilaitosten yhteistyöverkostoon. Verkosto tarjoaa yrityksille räätälöityä koulutusta sekä asiantuntijapalvelua osaamisen varmistamiseksi ja tuottavuuden nostamiseksi. CAM Forumiin kuuluu kuusi pirkanmaalaisesta oppilaitosta ja korkeakoulua, Sastamalan koulutuskuntayhtymä, Tampereen Aikuiskoulutuskeskus, Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampereen ammattiopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto.

Mielestäni kehityshankkeen tavoitteet ovat tätä kirjoitettaessa toteutuneet hyvin: kummallekin moduulille on saatu kehiteltyä selkeät sisällöt, koulutusvastuut on jaettu ja koulutusten alkamisajankohdat on karkeasti määritelty. TOL on jo ostanut TAO:lta koulutuspäiviä syksyllä 2012 järjestettäviä moduulin B koulutuksia varten. Itselläni on tavoitteena valmistaa kesän 2012 aikana materiaalit moduulin A koulutuksia varten, jotta TOL:n puolesta pääsisimme aloittamaan koulutukset viimeistään elokuussa 2012.

Lähteet

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Teollisuusrobotti>

OPH 2012. Metallialan perustutkinto 2012. [Http://www.oph.fi/download/125257_KoMe.pdf](http://www.oph.fi/download/125257_KoMe.pdf)

Peltonen, M. 1987. Koulutusoppi. Helsinki: Otava.

Suonperä, M. 1979. Ammattikasvatuksen didaktiikan perusteet. Helsinki: Otava.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K. 2001. Koneautomaatio. 2, Logiikat ja ohjausjärjestelmät. Porvoo; Helsinki; Juva: WSOY

Blueland – Facts about Finland. Luettu 26.4.2012.
<http://blueland.nettisivu.org>

Hersman, E. World population map. Luettu 26.4.2012.
<http://www.whiteafrican.com>

Free Patents Online. Method for calibrating and programming of a robot application. Luettu 26.4.2012.
<http://www.freepatentsonline.com>

CIC Material Handling Taxonomy. Industrial Robot. Luettu 26.4.2012.
<http://www.ise.ncsu.edu>

Wipwapweb. Gronk-bot. Luettu 26.4.2012.
<http://www.wipwapweb.com>

Global Robots FZE. Robot movement. Luettu 26.4.2012.
<http://www.globalrobots.ae>

Liitteet

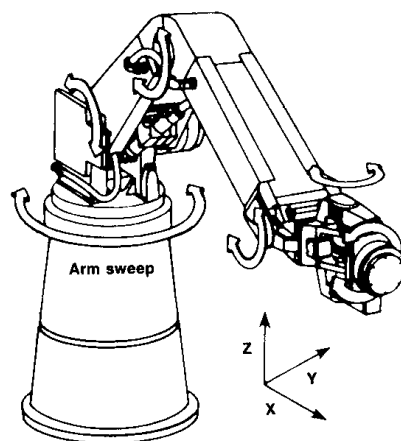
Liite 1: Mikä on robotti?

Sana robotti esiintyi ensimmäisen kerran vuonna 1923 tšekkiläisen Karel Capekin näytelmässä. Tšekinkielessä robotti-sana on liittynyt maaorjiin ja työntekoon. NykYTEKniikka on realisoinut robotti-käsitteen koskemaan jokapäiväistä tuotantoautomaatiota. Ihmistyön ja kiinteän automaation ohella robottiautomaatio on vaihtoehto suunniteltaessa tuotannon uudelleenjärjestelyä tai haluttaessa karsia kustannuksia. Teollisuuden tavoitellessa tasaisempaa laatua alenevilla yksikkökustannuksilla on robottiautomaatio yksi varteenotettava vaihtoehto (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 304).

Virallisimpana robotin määritelmänä voidaan pitää The Robot Institute of America'n lausetta: "Robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi" (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 305).

Robottiikan avulla on pystytty tuotannosta karsimaan ihmistyön alaisuudesta sellaiset työtehtävät, jotka ovat tekijälleen vaaraksi, esimerkiksi pölyiset, kuumat, vaaralliset tai yksitoikkoiset työtehtävät. Samalla on voitu keskittää enemmän päättelyä vaativat työt ihmisten tehtäväksi. Robottiikan tulo tuotantoon vaatiikin koko yrityksen tuotantofilosofian tarkastelun uudella tavalla, johon keskeisenä osana kuuluu tuotantorakenteen joustavuus, joka ei tee mitään turhaa toimintaa (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 307).

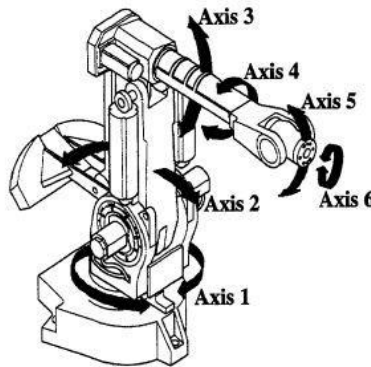
Robotit sijoitetaan toimimaan hyvinkin monimutkaisessa toimintaympäristössä. Tehtävät voivat olla hyvinkin erilaisia ja monimutkaisia. Toiminnoiltaan robotit on yhdistetty useiden muiden laitteiden toimintaan ympäryslaitteiden avulla. Robotit ohjelmoidaan erillisinä laitteina työskentelyn alkaessa (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 308).



Kuva 6. Minkälainen robotti on ja minkälainen se ei ole (www.ise.ncsu.edu ja www.wipwapweb.com).

Liite 2: Robotin liikkeet

Robotin liikkeitä kutsutaan usein konepajatekniikassa vapausasteiksi, joka tarkoittaa siis yhtä itsenäistä liikettä, joka voidaan ajaa itsenäisesti tai yhtä aikaa muiden vapausasteiden kanssa (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 310). Agco Sisu Powerilla käytössä olevat robotit ovat suurimmaksi osaksi kiertyvänivelisiä kuuden vapausasteen robotteja.



Kuva 7. Kiertyvänivelinen kuuden vapausasteen teollisuusrobotti (www.globalrobots.ae).

Liite 3: Robotin oheislaitteet

Jotta robotti voisi toimia tuotannon osana, vaatii se toimintansa tueksi oheis- ja ympäryslaitteita. Näiden laitteiden tehtävänä on mahdollistaa tuotanto robotisoidussa tehtävässä. Tällaisia robotin laitteita ovat esimerkiksi tarttujat, kuljettimet, makasiinit, syöttimet, välivarastot, työstökoneet, aistimet sekä työsuojelulliset laitteet (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 312). Agco Sisu Powerin tapauksessa robottiin on useimmiten kytketty joko tarttuja, jolla se liikuttelee kappaletta tai sitten kokoonpanossa käytettävä työkalu, esimerkiksi ruuvinväännin. Tässä kehityshankkeessa en keskity esittelemään tai kuvaamaan laitteita tarkemmin, sillä niiden tarkempi kuvaaminen kuuluu itse toteutettavan koulutuksen materiaaleihin eikä niiden kuvaamisella ole olennaista arvoa itse sille pedagogiselle puolelle, jota kehityshankkeen pitää sitä varten laaditun ohjeenkin mukaan käsitellä.

Liite 4: Robotin ohjelmointi

Ohjelmoinnin perustehtävä on saada robotin tarttuja tai muu työkalu liikkumaan halutun työtehtävän vaatimalla tavalla. Ohjelmoinnin toinen keskeinen tehtävä on synkronisoida robotin toiminta ympäryslaitteiden avulla tuotannon muiden laitteiden kanssa. Tämä tapahtuu antamalla ohjauksen avulla robotille liikettä vastaava numeerinen liikeinformaatio, jonka robotin mekaniikka muuntaa liikeradoiksi (Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T., Putkonen, K., 2002, 313). Ohjelmointi voidaan tehdä esimerkiksi opettamalla robottia käsiohjauksella halutun reitin pisteestä pisteeseen, jotka tallennetaan osana robotin kokonaisohjelmaa tai sitten tekemällä ohjelmoinnin ohjelmointipäätteellä tekstiparametrein ja erityistä ohjelmointikieltä käyttäen.

Liite 5: Opintojakso 4.5.30, FMS-järjestelmien käyttö (10 ov)

Ammattitaitovaatimukset

Tutkinnon osan suorittaja osaa valmistaa kappaleita joustavalla valmistusjärjestelmällä, johon kuuluu NC-ohjattu kone. Hän hallitsee ja osaa käyttää FMS-järjestelmää ja robottia. Lisäksi hän pystyy valmistamaan järjestelmää hyväksi käyttäen teollisuuden mitta- ja laatuvaatimukset täyttäviä monimuotoisia kappaleita kustannustehokkaasti.

Tutkinnon osan suorittaja osaa

- Työhön kuuluvat joustavan valmistusjärjestelmän käyttötehtävät
- Järjestelmän ylläpidon perustehtävät
- Työkappaleiden panostuksen ja purkamisen
- Työkalujärjestelmän ja työkalujen asennukset
- Järjestelmän ohjelmoinnin ja ohjelmien hallinnan
- Teräasetusten teon sekä työkalukorjaustietojen määrittelyn ja niiden syöttämisen työstökoneisiin
- Järjestelmän poistamisen mahdollisesta vikatilasta
- Järjestelmän materiaalin hallinnan
- Ohjelmoida robotin kappaleen vaihtoa varten
- Käyttää hyllystöhissiä
- NC-ohjelmoinnin, joka tehdään CAD-piirustuksesta CAM-ohjelmointina
- Valmistukseen tarvittavien terien valinnan
- Valmistaa työpiirustuksen mukaisen kappaleen joustavalla valmistusmenetelmällä tai tuotantosolulla
- FMS-ajokortin A-tasoa vastaavat tiedot

Liite 6: Sanastoa

Aliohjelma

Ohjelmoinnissa esiintyy usein tilanne, että samanlaista toimintoa tarvitaan ohjelman useassa eri kohdassa. Jos sama toiminto kirjoitettaisiin ohjelmaan yhä uudelleen, ohjelmakoodi pitenisi ja tulisi epäselväksi, virheiden mahdollisuus kasvaisi ja korjaukset ohjelmakoodiin pitäisi tehdä useaan paikkaan. Tämän välttämiseksi voidaan käyttää aliohjelmaa. Aliohjelma on ohjelmoinnissa itsenäinen ohjelman osa, joka suorittaa tietyn toiminnon ja jota voidaan kutsua eri puolilta pääohjelmaa tai muista aliohjelmista. Aliohjelman suorituksen jälkeen ohjelman suoritus jatkuu kutsuvassa ohjelmassa aliohjelmakutsua seuraavasta lauseesta.

Manipulaattori

Manipulaattori on käsittelylaite, joka on kauko-ohjattu tai yksinkertaisella ohjauksella varustettu automaattinen siirtolaite.

Avaruuskoordinaatisto eli peruskoordinaatisto

Avaruuskoordinaatistolla tarkoitetaan robotiikassa keskenään kohtisuorassa olevaa kolmiakselista koordinaatistoa, jolla on tietty keskipiste eli origo. Sijaitsee useimmiten robotin jalustassa.

Työkalukoordinaatisto

Työkalukoordinaatistolla määritetään robotiikassa robotin työkalun asento. Työkalukoordinaatisto liikkuu robotin liikkeen mukana, aivan kuten jos tarjoilijalla olisi neljä lasia samalla tarjottimella; lasien suhde tarjottimen keskipisteeseen pysyy muuttumattomana, vaikka tarjotin liikkuukin tarjoilijan mukana. Robotin työkalukoordinaatisto on sidottu robotin kiinnityslaippaan.

Maailmakoordinaatisto

Maailmakoordinaatiston mukaisessa kohdekehyksessä robotti liikkuu pääakselien x-, y-, tai z – akselien suuntaisesti, jolloin samanaikaisesti voi useampi robotin nivelistä suorittaa oman liikkeensä.

Etäohjelmointi

Robotteja voi ohjelmoida esimerkiksi ohjaamalla sitä käsin ja laittamalla sen muistiin näin muodostuneelta radalta niitä pisteitä, joita pitkin sen pitää kulkea. Monimutkaisimmissa ja erityistä tarkkuutta vaativissa rakenteissa tällainen ei enää ole mahdollista, vaan liikerata tarvitsee ohjelmoida robotille käyttäen